

基于高内相 W/O 乳液的煤气化渣油团聚脱炭研究

彭扬¹, 廖寅飞², 陈罗建¹, 罗国兰¹, 安茂燕³

1. 中国矿业大学 化工学院, 江苏 徐州 221116;
2. 中国矿业大学 国家煤加工与洁净化工程技术研究中心, 江苏 徐州 221116;
3. 江苏建筑职业技术学院 交通工程学院, 江苏 徐州 221116

中图分类号: TD849; TD923 文献标识码: A 文章编号: 1001-0076(2023)06-0033-08
DOI: 10.13779/j.cnki.issn1001-0076.2023.06.004

摘要 煤气化渣残炭含量高, 炭灰相互制约, 阻碍煤气化渣的资源化利用。故脱炭是煤气化渣资源化、高值化利用的基础。煤气化渣表面孔隙发达, 目前主要的脱炭方法如浮选、油团聚等, 存在药耗高、残炭回收率低等问题。高内相 W/O 乳液是内水相体积大于 74.05% 的油包水乳液, 内水相代替油在煤气化渣表面孔隙进行填充, 可使油团聚分选时的油耗大幅降低。研究了高内相 W/O 乳液油团聚分选煤气化渣, 通过工业分析、X 射线衍射仪(XRD)和扫描电镜(SEM)考察了煤气化渣样品性质, 同时利用激光粒度仪和光学显微镜研究了表面活性剂、内水比例和无机盐等对高内相 W/O 乳液稳定性和粒度的影响规律, 最后对比了高内相 W/O 乳液与煤油、柴油及 Span80-油混合物对煤气化渣油团聚的脱炭效果。结果表明: 该煤气化渣样品固定碳含量为 51.94%, 主要脉石矿物为石英、方解石和硬石膏; 碱木质素、表面活性剂以及 NaCl 和 MgCl₂ 的添加有利于提高乳液稳定性。相比于煤油、柴油及 Span80-油混合物, 药剂用量相同时, 高内相 W/O 乳液油团聚残炭回收率平均提高 14 个百分点, 节油率可达 85% 以上。其中内水比例 85%、表面活性剂用量 25%、添加 NaCl 的高内相 W/O 乳液脱炭效果最好, 残炭回收率可达 91.23%。表明高内相 W/O 乳液油团聚是一种行之有效的煤气化渣脱炭方法。

关键词 煤气化渣; 油团聚; 高内相 W/O 乳液; 脱炭

引言

随着煤化工技术的快速发展, 煤炭气化过程产生的气化渣资源化利用已成为人们关注的焦点^[1]。目前煤气化渣的有效利用率和处理程度不高, 大部分以堆放处置和填埋为主^[2]。煤气化渣堆放和填埋会造成扬尘, 污染空气, 易渗入地表水造成饮用水污染^[3]。煤气化渣处理、利用不当会造成环境污染, 不利于煤化工企业的发展和资源可持续利用^[4]。气化细渣残炭含量可达 50%~60%, 高残炭量使气化渣难以作为混凝土和水泥的添加剂^[5]。若将气化渣配煤掺烧, 又因为灰分较高, 使煤气化渣的掺烧量受到限制, 且会增大煤灰量。气化渣中炭灰混杂, 相互制约, 阻碍气化渣的资源化、高值化利用, 所以煤气化渣脱炭是其无害化处理和资源化利用的前提^[6]。

许多学者对煤气化渣脱炭开展了卓有成效的研究。任振场等^[7]利用水力旋流器分选气化细渣中的残

炭, 残炭回收率达 87.31%。于伟等人^[8]采用浮选处理煤气化渣, 一次粗选的柴油、仲辛醇用量各 14 kg/t, 整体药剂消耗量过高。胡俊阳等^[9]发现, 当煤油用量 14 kg/t 时, 煤气化细渣浮选的精矿产率只有 23.35%, 且浮选精矿含碳量低。张晓峰等^[10]认为煤气化细渣采用常规方法浮选脱炭困难, 分级浮选有助于提高脱炭效果。吴思萍等^[11]研究发现, 当柴油用量 30 kg/t、仲辛醇用量 10 kg/t 时, 煤气化细渣浮选精矿产率仅 11.06%, 且浮选泡沫量少、持续时间短。另外, 因为煤气化渣微细粒含量高, 还有学者尝试采用油团聚进行煤气化渣脱炭, 油团聚是利用矿物质组分间表面疏水性的不同, 以油为桥液, 在水悬浮液中通过机械搅拌使矿物微细颗粒选择性聚团, 更适合分选微细粒矿物, 所以煤气化渣油团聚脱炭效果优于浮选^[12]。薛中华^[13]研究发现, 采用油团聚得到的炭产品灰分在 19%~35% 之间, 灰产品灰分 97% 以上, 比浮选的炭/灰分离效果更好, 且精矿产品更易脱水, 但油耗超过了 100 kg/t。

收稿日期: 2023-10-31

基金项目: 江苏省自然科学基金面上项目 (BK20221546, BK20211048); 徐州市科技计划重点研发项目 (KC21285)

作者简介: 彭扬(2002—), 男, 甘肃白银人, 矿物加工专业在读本科生, 主要从事煤(矿)分选方面的研究工作, E-mail: 19549165690@163.com。

通信作者: 廖寅飞(1986—), 男, 江西赣州人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事难选煤(矿)高效分选与智能控制等方面的研究工作, E-mail: liaoyinfei@cumt.edu.cn。

高内相乳液是分散相体积分数大于 74.05% 的乳液, 主要分为油包水 (W/O)、水包油 (O/W) 和超临界 (C/W) 三种类型^[14]。高内相 W/O 乳液应用于微细粒矿物分选受到了国内外学者广泛关注。Netten^[15] 使用高内相 W/O 乳液进行细粒煤油团聚分选, 发现乳液内水相代替煤油进行空间填充, 油类消耗量可减少 80%。Zhao Xuemin 等^[16] 发现, 使用高内相 W/O 乳液浮选超细、高灰尾煤, 可燃体回收率达到 80% 以上。Lu Ying 等^[17] 研究表明, 使用高内相 W/O 乳液浮选细粒氧化煤的精矿产率可达 95%、油消耗量减少 60%。

总体而言, 常规脱炭方法, 例如浮选、油团聚等, 普遍存在分选效率低、油耗高的问题, 严重制约了煤气化渣高效资源化利用。高内相 W/O 乳液是一种利于环保和经济的新型乳液, 分选微细粒矿物效果显著。本文提出高内相 W/O 乳液油团聚分选煤气化渣进行脱炭的新思路, 通过高内相 W/O 乳液油团聚, 实现煤气化渣炭灰高效分离。本文选取枣庄煤气化渣作为研究对象, 系统研究了煤气化渣样品性质、高内相 W/O 乳液性质及对煤气化渣的油团聚脱炭性能, 为煤气化渣高效资源化利用提供了新途径。

1 样品制备及实验方法

1.1 气化渣样品性质分析

以枣庄煤气化渣为研究对象, 经过烘干、掺混、缩分后制备成实验样品。样品工业分析及元素分析结果见表 1。从表中可知, 样品灰分 45.19%、固定碳含量为 51.94%, 碳含量较高, 直接作为废弃物处理会造成残炭浪费。残炭的元素分析结果表明, 煤气化渣中 C 元素占比 81.69%, O 元素占比 16.23%, N 元素占比 1.05%。

表 1 样品性质分析
Table 1 Property analysis of the sample

指标	工业分析				元素分析			
	M_{ad}	A_{ad}	V_{ad}	FC_{ad}	C_d	O_d	H_d	N_d
含量	2.23	45.19	10.63%	51.94	81.69	16.23	1.03	1.05

XRD 测试结果表明, 煤气化炉渣主要含有石英、方解石和硬石膏等矿物, 这些矿物表面活性和表面亲水性强, 增加了煤气化渣炭灰分离的难度。使用扫描电子显微镜对气化渣磨矿后的样品颗粒进行形貌分析, 放大倍数为 2 500 倍和 5 000 倍, 磨矿前后样品的 SEM 分析结果分别如图 1 和图 2 所示。图所示样品中的颗粒分别为球状的无机矿物和不规则的残炭颗粒且相互夹杂和包裹, 其中残炭颗粒大多都带有孔隙和裂纹结构。图 2 所示磨矿后的煤气化渣样品中残炭表面相对光滑, 孔隙与裂缝较少, 炭灰混杂现象不明显, 残炭与无机矿物已经充分分离。

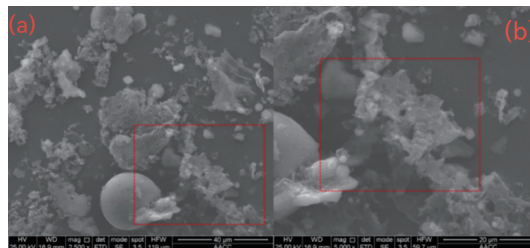


图 1 气化渣原样的 SEM 图片 (a:2 500 倍, b:5 000 倍)
Fig. 1 SEM analysis of gasification slag sample

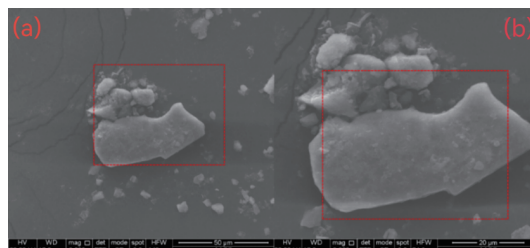


图 2 气化渣样品磨矿解离后的 SEM 图片 (a:2 500 倍, b:5 000 倍)
Fig. 2 SEM analysis of gasification slag sample after grinding and dissociation

1.2 高内相 W/O 乳液制备

将表面活性剂 (Span80) 与煤油混合, 并加入 0.3 g/kg (以高内相 W/O 乳液为标准) 的碱木质素作为稳定剂, 使用磁力搅拌器以 500 r/min 的转速搅拌 3 min 形成混合液。采用去离子水配制质量浓度分别为 3% 的不同无机盐 (NaCl、MgCl₂、AlCl₃) 溶液作为内水相。当乳化器作用于混合液时, 使用蠕动泵向混合药剂里以 5 r/min 的速度缓慢滴加水, 当水相完全进入混合液即制备成高内相 W/O 乳液, 结构示意图如图 3 所示。

1.3 高内相 W/O 乳液性质分析

稳定性分析: 取高内相 W/O 乳液 50 g 置于透明玻璃瓶中, 静置观察并记录分层情况。粒度分析: 取高内相 W/O 乳液 0.1 g, 溶于 500 mL 去离子水中, 使用机械搅拌器以 1 000 r/min 的速度搅拌, 放入激光粒度仪测量高内相 W/O 乳液中油滴粒度。内部油水结构分析: 使用光学显微镜拍摄高内相 W/O 乳液。分散性分析方法: 将高内相 W/O 乳液分别搅拌 0 min、1 min、5 min、10 min 后使用激光粒度仪测量粒度。

1.4 油团聚实验

将制备好的煤气化渣样品取 10 g 加入 250 ml 烧杯, 调制矿浆质量浓度为 10%, 分别使用煤油和柴油, 不同含量 Span80 (5%、10%、15%、20%)、内水比例 (85%、90%、95%)、无机盐 (分别为 NaCl、MgCl₂、AlCl₃) 的高内相 W/O 乳液作为分离药剂, 用量分别为 5、10、15、20 kg/t, 使用机械搅拌器以 1 000 r/min 转速搅拌 10 min, 将实验所得产品用 100 目标标准筛筛分、过滤、干燥并进行灰分检测。

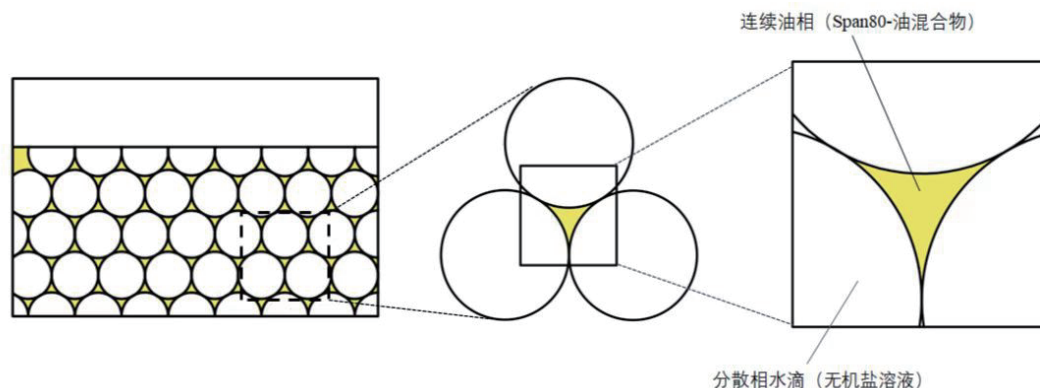


图 3 高内相 W/O 乳液油水结构

Fig. 3 Oil water structure diagram of high internal phase W/O emulsion

将残炭回收率及节油率作为主要脱炭指标, 根据公式 (1)、(2) 计算:

$$R = \frac{L_c \times Y_c}{L_f} \quad (1)$$

式中: R 为残炭回收率, %; L_c 为精矿烧失量, %; Y_c 为精矿产率, %; L_f 为气化渣原样烧失量, %。

$$U = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100\% \quad (2)$$

式中: U 为节油率, %; m_1 为改进前油用量, kg; m_2 为改进后制备乳液油用量, kg。

2 结果与讨论

2.1 高内相 W/O 乳液性质分析

为了考察高内相 W/O 乳液的稳定性, 将不同配方的高内相 W/O 乳液静置 30 d, 期间拍摄的乳液照片如图 4、图 5 所示:

由图 4(a)、(b) 和 5(a) 可知, 添加碱木质素, 内水比例分别为 85%、90%、95%, Span80 用量为 15%、20%、25% 的高内相 W/O 乳液 30 d 内不发生油水分层现象, 稳定性强, 碱木质素通过吸附聚集或交联等

方式, 形成牢固稳定的界面膜, 以防止液滴聚并和融合, Span80 可大幅降低界面张力, 保护乳液中分散相液滴在相互碰撞时不易聚结, 提高乳液稳定性^[18]。由图 5(b) 可知, 相比于 NaCl 和 MgCl₂, 添加 AlCl₃ 的高内相 W/O 乳液稳定性较差, 在第 14 d 出现分层现象, 较高浓度的 Na⁺ 和 Mg²⁺ 可抑制水分子在液滴间的扩散, 提高乳液的稳定性^[19]。

采用激光粒度仪分析高内相 W/O 乳液粒度分布变化规律, 得到结果如图 6 所示。随着高内相 W/O 乳液的内水比例升高, 油滴粒度增大、分散性增强; 当表面活性剂用量为 15%、20% 和 25% 时, 乳液油滴粒度分别为 0.594 μm、0.276 μm、0.078 μm, 这说明表面活性剂含量越多, 油滴粒度越小、分散性越弱。另外, 当无机盐分别为 NaCl、MgCl₂ 和 AlCl₃ 时, 乳液油滴粒度分别为 0.243 μm、1.12 μm、1.34 μm, 这说明乳液中无机盐金属离子价态越高, 油滴粒度越大、分散性越强。

高内相 W/O 乳液的光学显微镜照片如图 7 所示。由图 7 可知, 制备所得的高内相 W/O 乳液是油包水乳液, 油相为连续相, 水相为分散相。由图 7(a)、(b) 和 (c) 可知, 高内相 W/O 乳液内水比例增大, 油滴粒度增大; 由图 7(a)、(d) 和 (e) 可知, 随高内相 W/O 乳液表面

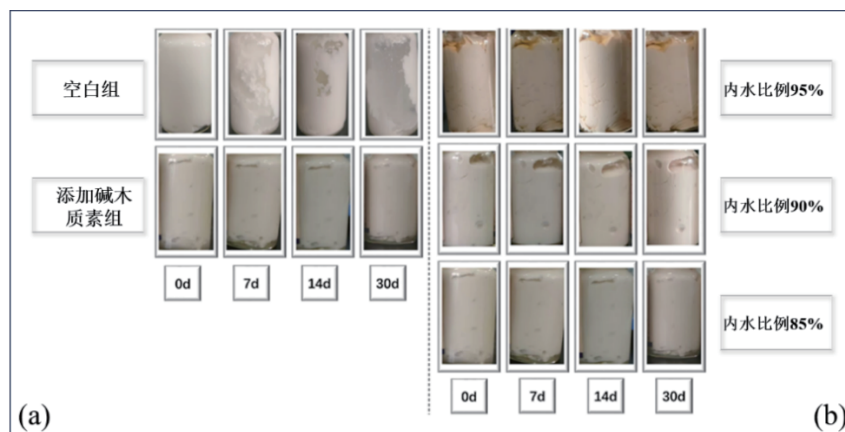


图 4 高内相 W/O 乳液稳定性影响 (a: 碱木质素影响; b: 内水比例影响)

Fig. 4 Effect of alkali lignin on stability of high internal phase W/O lotion (a: Effect of alkali lignin; b: Effect of Internal water ratio)



图 5 高内相 W/O 乳液稳定性的影响 (a: 表面活性剂含量影响; b: 无机盐影响)

Fig. 5 Effect of different cations on stability of high internal phase W/O lotion(a: effect of surfactant; b: effect of inorganic salts)

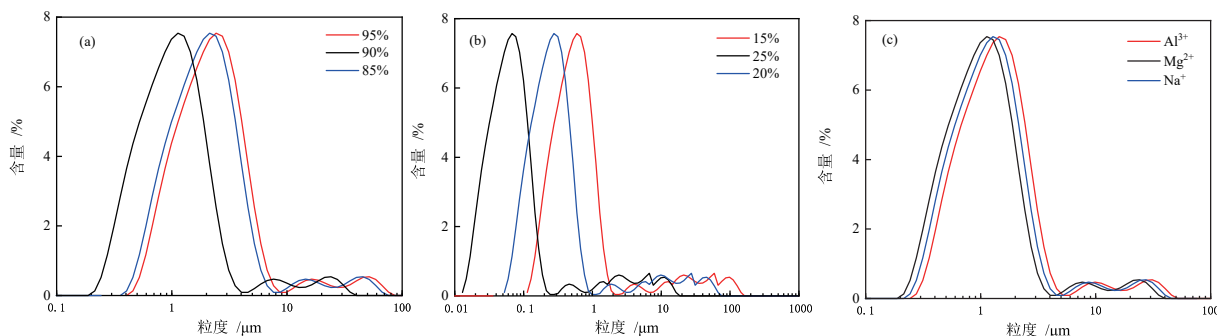


图 6 高内相 W/O 乳液粒度分布变化规律: (a)内水比例影响; (b)表面活性剂影响; (c)无机盐影响

Fig. 6 Variation of particle size distribution of high internal phase W/O emulsions(a: effect of moisture content, b: effect of surfactant, c: effect of inorganic salts)

活性剂用量增大, 高内相 W/O 乳液油滴粒度减小; 这与前面激光粒度仪分析结果保持一致。

2.2 油团聚实验结果

在 1 000 r/min 转速下搅拌 10 min, 煤油、柴油作为分离药剂的油团聚分选结果如图 8 所示。

由图 8 可知, 随药剂用量的增加, 残炭回收率增大, 尾矿烧失量减小。在同一药剂用量下, 煤油的残炭回收率比柴油平均高 12 百分点, 药剂用量为 20 kg/t 时, 煤油的残炭回收率为 76.98%, 尾矿烧失量为 35.12%。

在高内相 W/O 乳液中加入 Span80, 煤油作为油

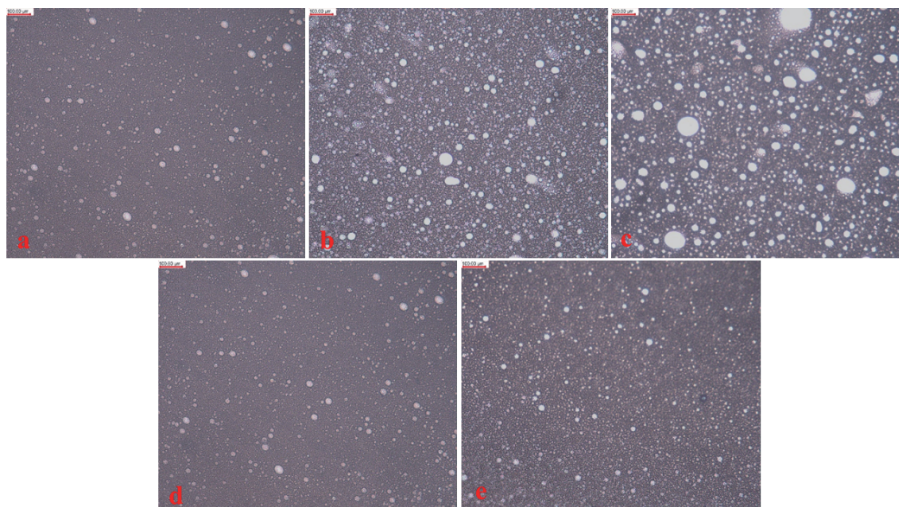


图 7 高内相 W/O 乳液的光学显微镜照片 (a: $W_{\text{water}}=85\%$, $W_{\text{Surfactant}}=15\%$; b: $W_{\text{water}}=90\%$, $W_{\text{Surfactant}}=15\%$; c: $W_{\text{water}}=95\%$, $W_{\text{Surfactant}}=15\%$; d: $W_{\text{water}}=85\%$, $W_{\text{Surfactant}}=20\%$; e: $W_{\text{water}}=85\%$, $W_{\text{Surfactant}}=25\%$)

Fig. 7 High internal phase W/O emulsion taken by optical microscope(a: $W_{\text{water}}=85\%$, $W_{\text{Surfactant}}=15\%$; b: $W_{\text{water}}=90\%$, $W_{\text{Surfactant}}=15\%$; c: $W_{\text{water}}=95\%$, $W_{\text{Surfactant}}=15\%$; d: $W_{\text{water}}=85\%$, $W_{\text{Surfactant}}=20\%$; e: $W_{\text{water}}=85\%$, $W_{\text{Surfactant}}=25\%$)

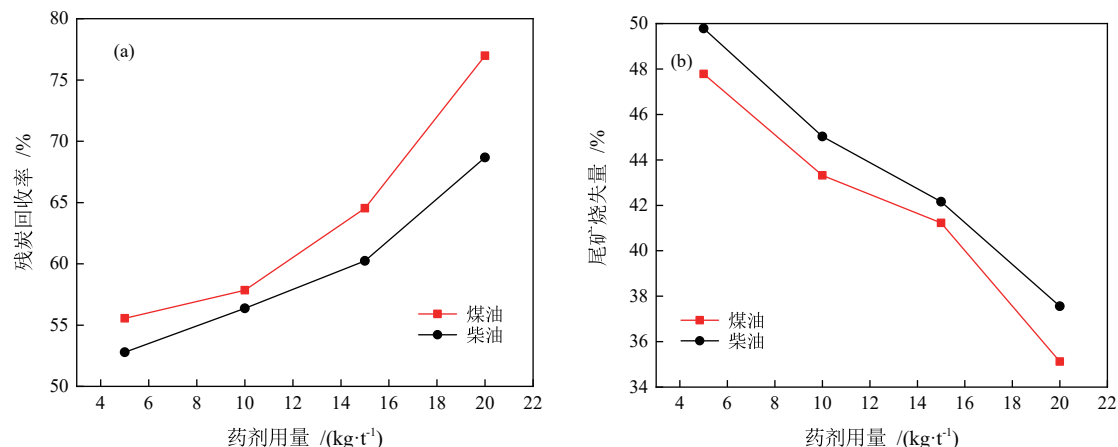


图 8 常规油团聚分选结果 (a: 残炭回收率; b: 尾矿烧失量)

Fig. 8 Conventional oil agglomeration results: (a) carbon recovery rate; (b) tailing loss

相, 油团聚分选结果如图 9 所示。

由图 9 可知, 随药剂用量的增加, 残炭回收率增大, 尾矿烧失量减小。在同一药剂用量下、Span80 含量从 15% 提高到 25%, 气化渣的残炭回收率显著增大, 说明随制备高内相 W/O 乳液的 Span80 含量增加, 其对于气化渣的黏附联结能力增强, 所以制备高内相

W/O 乳液时提高 Span80 的含量会提高气化渣的分选效果。

不同内水比例的高内相 W/O 乳液油团聚分选结果如图 10 所示。

由图 10 可知, 1 000 r/min 转速搅拌 10 min 下, 随药剂用量的增加, 残炭回收率增大, 尾矿烧失量减小。

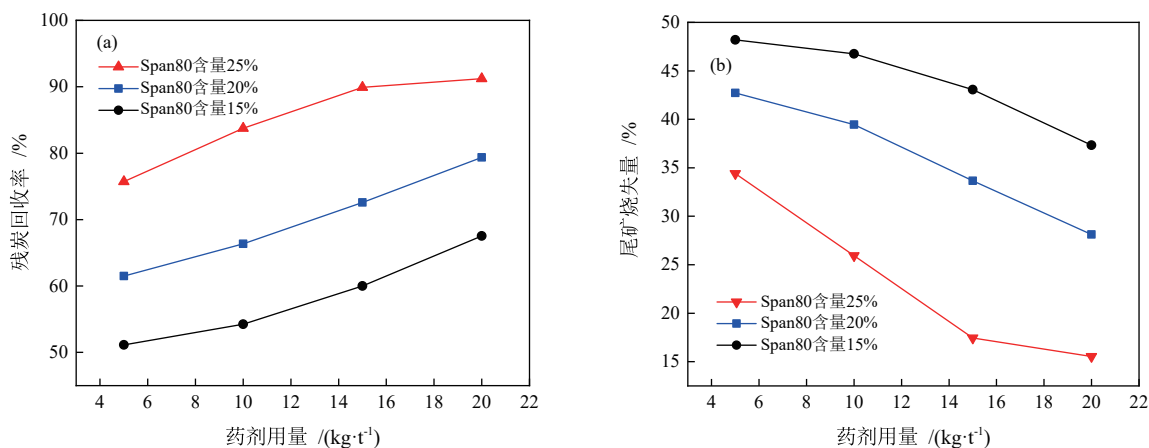


图 9 加入 Span80 的高内相 W/O 乳液油团聚分选实验结果 (a: 残炭回收率; b: 尾矿烧失量)

Fig. 9 Results of high internal phase W/O emulsion oil agglomeration experiment with Span80: (a) carbon recovery rate; (b) tailing loss

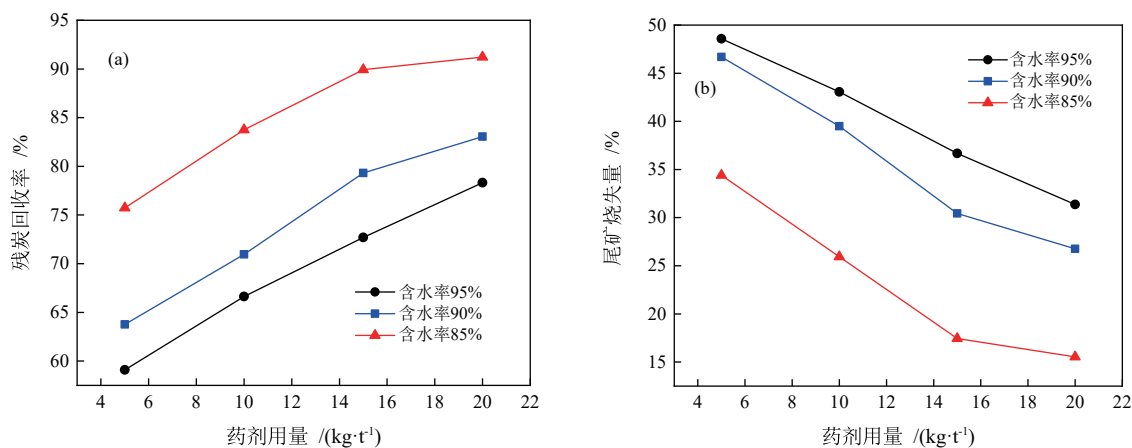
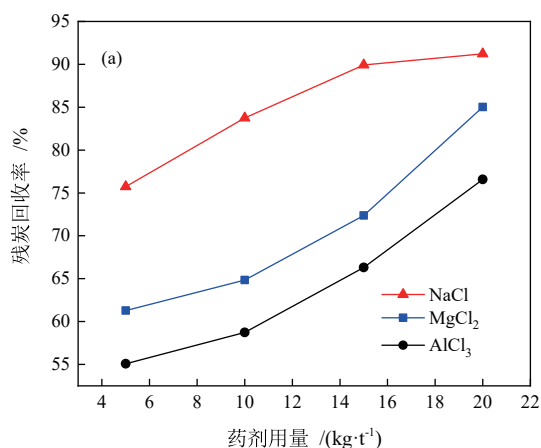


图 10 不同内水比例的高内相 W/O 乳液油团聚分选实验结果 (a: 残炭回收率; b: 尾矿烧失量)

Fig. 10 Experimental results of high internal phase W/O emulsion oil agglomeration with different internal water ratio: (a) carbon recovery rate; (b) tailing loss

同一药剂用量下,当内水比例由 95% 减少到 85% 时,气化渣的残炭回收率增大,内水比例为 85% 时,尾矿烧失量为 15.54%,炭灰分离效果最好,因此相对较低的内水比例有利于高内相 W/O 乳液对气化渣的油团聚分选。

含不同无机盐的高内相 W/O 乳液油团聚分选结果如图 11 所示。



由图 11 可知,1 000 r/min 转速搅拌 10 min 下,随药剂用量的增加,残炭回收率增大,尾矿烧失量减小。在同一药剂用量下,高内相 W/O 乳液中含有的无机盐所带的正电荷数增加时,气化渣的残炭回收率减小。添加 NaCl 的高内相 W/O 乳液油团聚的尾矿烧失量最小可达 15.54%,炭灰分离效果明显好于 MgCl₂ 和 AlCl₃。

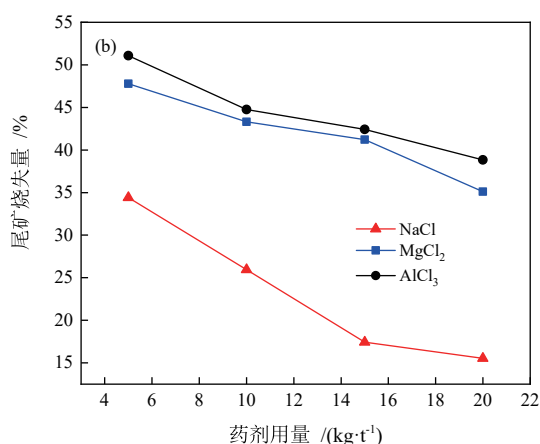


图 11 含不同无机盐的高内相 W/O 乳液油团聚实验结果 (a: 残炭回收率; b: 尾矿烧失量)

Fig. 11 Experimental results of high internal phase W/O emulsion oil agglomeration with different inorganic salts: (a) carbon recovery rate; (b) tailing loss

煤油、Span80-油混合物、高内相 W/O 乳液油团聚三种脱炭条件下的残炭回收率对比如图 12 所示。

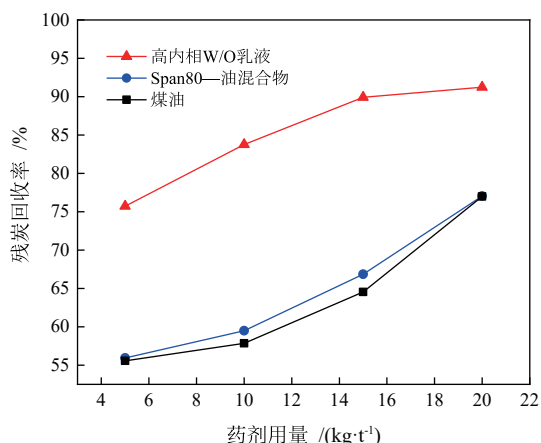


图 12 不同药剂最大残炭回收率对比

Fig. 12 Comparison of maximum carbon recovery under different conditions

药剂用量为 5~20 kg/t 时,煤油和 Span80-油混合物对煤气化渣残炭回收效果无显著差别,而使用表面活性剂用量 25 kg/t、内水比例 85%、添加无机盐为 NaCl 的高内相 W/O 乳液进行油团聚气化渣脱炭,残炭回收率最大可达 91.23%,远高于煤油和 Span80-油混合物。相比于纯油和 Span80-油混合物,炭灰分离效果更好的高内相 W/O 乳液的平均节油率可达 85% 以上,且药剂用量相同时,残炭回收率平均提高 14 百

分点。

3 结语

(1)该气化渣样品灰分 45.19%,固定碳含量 51.94%,主要脉石矿物为石英、方解石和硬石膏等亲水性矿物,样品表面孔隙发达,无机矿物与残炭颗粒相互夹杂和包裹,炭灰分离难度较大。

(2)制备的高内相 W/O 乳液稳定性强,碱木质素、表面活性剂以及 NaCl 和 MgCl₂ 的添加有利于提高乳液稳定性。乳液油滴粒度随表面活性剂用量的增大而减小,同时随内水比例和无机盐金属离子价态的升高而增大。油团聚脱炭实验证明乳液油滴粒度越小,炭灰分离效果越好。

(3)以残炭回收率和节油率作为主要脱炭指标,相比于纯油和 Span80-油混合物,高内相 W/O 乳液的脱炭效果更优越,残炭回收率平均提高 14 百分点,节油率可达 85% 以上。在表面活性剂含量 25%、内水比例 85%、添加 NaCl 条件下制得的高内相 W/O 乳液的炭灰分离效果最好,残炭回收率为 91.23%,尾矿烧失量为 15.54%。高内相 W/O 乳液油团聚脱炭能提高残炭回收率,大幅减少油类药剂消耗,是煤气化渣脱炭和实现资源化利用的一种新方法。

参考文献:

- [1] 朱菊芬,李健,闫龙,等.煤气化渣资源化利用研究进展及应用展望[J].洁净煤技术,2019,27(6):11-21.

- ZHU J F, LI J, YAN L, et al. Research progress and application prospect of resource utilization of coal gasification slag[J]. Clean Coal Technology, 2019, 27(6): 11–21.
- [2] 胡文豪. 煤气化渣铝硅组分活化分离与资源化利用基础研究[D]. 北京: 中国科学院大学(中国科学院过程工程研究所), 2019.
- HU W H. Basic research on activated separation and resource utilization of aluminum-silicon components from coal gasification slag[D]. Beijing: University of Chinese Academy of Sciences (Institute of Process Engineering, CAS), 2019.
- [3] 仇韩峰. 煤气化灰渣资源环境属性研究[D]. 太原: 山西大学, 2021.
- QIU H F. Research on resource and environmental properties of coal gasification ash[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2021.
- [4] 胡志伟. 粉煤灰/气化炉渣未燃炭表面疏水性改善研究[D]. 徐州: 中国矿业大学, 2020.
- HU Z W. Study on improvement of surface hydrophobicity of fly ash/gasification slag unburned carbon[D]. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2020.
- [5] 范宁, 张逸群, 樊盼盼, 等. 煤气化渣特性分析及资源化利用研究进展[J]. 洁净煤技术, 2022, 28(8): 145–154.
- FAN N, ZHANG Y Q, FAN P P, et al. Research progress on characteristics analysis and resource utilization of coal gasification slag[J]. Clean Coal Technology, 2022, 28(8): 145–154.
- [6] 曲江山, 张建波, 孙志刚, 等. 煤气化渣综合利用研究进展[J]. 洁净煤技术, 2019, 26(1): 184–193.
- QU J S, ZHANG J B, SUN Z G, et al. Research progress of comprehensive utilization of coal gasification slag[J]. Clean Coal Technology, 2019, 26(1): 184–193.
- [7] 任振珩, 井云环, 樊盼盼, 等. 气化渣水介重选及其分离炭制备脱硫脱硝活性焦实验研究[J]. 煤炭学报, 2021, 46(4): 1164–1172.
- REN Z Y, JING Y H, FAN P P, et al. Experimental study on water medium gravity separation of gasification slag and its separation of carbon to produce desulfurization and denitrification active coke[J]. Journal of China Coal Society, 2021, 46(4): 1164–1172.
- [8] 于伟, 王学斌, 白永辉, 等. 煤气化细渣浮选脱碳实验研究[J]. 洁净煤技术, 2019, 27(3): 81–87.
- YU W, WANG X B, BAI Y H, et al. Experimental study on flotation decarburization of fine slag from coal gasification[J]. Clean Coal Technology, 2019, 27(3): 81–87.
- [9] 胡俊阳. 北方某煤气化炉渣的综合利用研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2018.
- HU J Y. Research on comprehensive utilization of a coal gasification furnace slag in North China[D]. Mianyang: Southwest University of Science and Technology, 2018.
- [10] 张晓峰, 王玉飞, 范晓勇, 等. 煤气化细渣浮选脱碳分析[J]. 能源化工, 2016, 37(5): 54–57.
- ZHANG X F, WANG Y F, FAN X Y, et al. Analysis of decarburization by flotation of fine slag from coal gasification[J]. Energy & Chemical Industry, 2016, 37(5): 54–57.
- [11] 吴思萍, 赵凯, 董永胜, 等. 气化细渣浮选脱碳研究进展[J]. 华电技术, 2019, 42(7): 81–86.
- WU S P, ZHAO K, DONG Y S, et al. Research progress of decarburization by flotation of gasification fine slag[J]. Huadian Technology, 2019, 42(7): 81–86.
- [12] 宇文超, 王春耀, 朱述川, 等. 微细粒煤分选技术研究进展[J]. 煤炭加工与综合利用, 2021(8): 4–9.
- YU W C, WANG C Y, ZHU S C, et al. Research progress of micro-fine coal separation technology[J]. Coal Processing and Comprehensive Utilization, 2021(8): 4–9.
- [13] 薛中华. 煤气化细渣疏水-亲水双液炭/灰分离研究[D]. 太原: 太原理工大学, 2022.
- XUE Z H. Study on hydrophobic and hydrophilic dual-liquid carbon/ash separation of fine slag from coal gasification[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology, 2022.
- [14] 宋元瑞. 以高内相乳液为模板制备多孔聚合物材料用于染料废水处理[D]. 合肥: 中国科学技术大学, 2020.
- SONG Y R. Preparation of porous polymer materials for dye wastewater treatment using high internal phase emulsion as template[D]. Hefei: University of Science and Technology of China, 2020.
- [15] NETTEN K V, MORENO-ATANASIO R, GALVIN K P, et al. A kinetic study of a modified fine coal agglomeration process[C]//World Congress on Particle Technology. 2015.
- [16] ZHAO X, TANG Y, ZHAO B. Collecting behaviors of high internal phase (HIP) emulsion in flotation of ultrafine high-ash content coal slime[J]. International Journal of Coal Preparation and Utilization, 2021(11): 1–21.
- [17] LU Y, WANG X, LIU W. Dispersion behavior and attachment of high internal phase water-in-oil emulsion droplets during fine coal flotation[J]. Fuel, 2019, 253: 273–282.
- [18] 李可扬, 张卓, 董姝丽. 高内相乳液的制备、性能及其在功能材料制备上的应用[J]. 科学通报, 2021, 66(14): 1703–1716.
- LI K Y, ZHANG Z, DONG S L. Preparation, properties and application of high internal phase emulsions in the preparation of functional materials[J]. Chinese Science Bulletin, 201, 66(14): 1703–1716.
- [19] 卫姣, 陈雨露, 高彦祥, 等. 高内相乳液的制备及在食品中的应用[J]. 中国食品学报, 2022, 22(4): 418–429.
- WEI J, CHEN Y L, GAO Y X, et al. Preparation of high internal phase emulsion and its application in food[J]. Chinese Journal of Food Science, 2022, 22(4): 418–429.

Decarbonization of Coal Gasification Slag by Oil Agglomeration Based on High Internal Phase W/O Emulsion

PENG Yang¹, LIAO Yinfei², CHEN Luojuan¹, LUO Guolan¹, AN Maoyan³

1. School of Chemical Engineering & Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu China;

2. National Engineering Research Center of Coal Preparation and Purification, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu China;

3. School of Transportation Engineering, Jiangsu Vocational Institute of Architectural Technology, Xuzhou 221116, Jiangsu China

Abstract: The high carbon content of coal gasification residue and the mutual restriction of carbon ash hinder the resource utilization of coal gasification residue. Therefore, decarbonization is the basis of resource utilization and high value utilization of coal gasification slag. Due to the developed pores on the surface of coal gasification slag, the main decarbonization methods, such as flotation and oil agglomeration, have the problems of high drug consumption and low carbon recovery rate. The high internal phase W/O emulsion is an oil-in-water emulsion with the volume of the internal water phase greater than 74.05%. The internal water phase replaces the oil to fill the pores on the surface of the coal gasification slag, which greatly reduces the fuel consumption. The properties of coal gasification slag samples were investigated by industrial analysis, X-ray diffraction (XRD) and scanning electron microscopy (SEM). The effects of surfactants, internal water ratio and inorganic salts on the stability and particle size of high internal W/O emulsions were studied by laser particle size analyzer and optical microscope. Finally, the decarbonization effect of high internal phase W/O emulsion with kerosene, diesel and SPAN80-oil mixture on coal gasification residue agglomeration was compared with the oil saving rate and carbon residue recovery rate. The results show that the fixed carbon content of the sample is 51.94%, and the main gangue minerals are quartz, calcite and anhydrite. The addition of alkali lignin, surfactant, NaCl and $MgCl_2$ can improve the stability of the emulsion. Compared with kerosene, diesel oil and SPAN80-oil mixture, the recovery rate of residual carbon in high internal phase W/O emulsion oil was increased by 14% on average, and the fuel saving rate was over 85%. Among them, the high internal phase W/O emulsion with 85% internal water, 25% surfactant and NaCl added has the best decarbonization effect, and the recovery rate of carbon residue can reach 91.23%. The results show that high internal phase W/O emulsion oil agglomeration is an effective method to decarbonize coal gasification slag.

Keywords: coal gasification slag; oil agglomeration; high internal phase W/O emulsion; decarbonization

引用格式: 彭扬, 廖寅飞, 陈罗建, 罗国兰, 安茂燕. 基于高内相 W/O 乳液的煤气化渣油团聚脱炭研究[J]. 矿产保护与利用, 2023, 43(6): 33–40.

PENG Yang, LIAO Yinfei, CHEN Luojuan, LUO Guolan, AN Maoyan. Decarbonization of coal gasification slag by oil agglomeration based on high internal phase W/O emulsion[J]. Conservation and Utilization of Mineral Resources, 2023, 43(6): 33–40.

投稿网址: <http://kcbhyly.xml-journal.net>

E-mail: kcbh@chinajournal.net.cn