纳米煤制备及其改善煤泥浮选的机理研究 杨丹,王海锋,黄志刚,刘江山,何亚群 (中国矿业大学 化工学院,江苏 徐州 221116)

摘要:为了探究普通浮选药剂里加入纳米级煤对煤泥浮选的影响,采用冷冻研磨的方法制备了纳米级超纯煤,并对其表面特性进行了分析。在煤浮选捕收剂正十二烷中加入纳米煤,制备液固混合浮选捕收剂用于煤泥浮选。通过 X 射线光电子能谱 (XPS)结合润湿性分析表明,纳米煤颗粒主要以 C 元素为主,表面官能团以疏水性基团 C-C 和 C=C 为主,具有极强的疏水性。研究了正十二烷和纳米煤一正十二烷混合捕收剂对煤泥浮选的效果,并且通过扫描电子显微镜 (SEM)对 2 种捕收剂作用后的精煤颗粒表面形貌进行分析表征。结果表明使用纳米煤-正十二烷混配的新型捕收剂得到的精煤颗粒表面微纳颗粒显著增加,说明纳米煤颗粒在浮选过程中能够粘附于煤颗粒表面,从而增强煤的疏水性,并且增加了煤表面的固体凸起点。在浮选过程中,当气泡粘附煤颗粒时,这些微纳颗粒能够加速水化膜的破裂,促进煤颗粒和气泡的黏附效率,提高煤泥浮选效率。

关键词:纳米煤;冷冻研磨;液固混合捕收剂;煤泥浮选

doi:10.3969/j.issn.1000-6532.2021.02.014

中图分类号: TD940 文献标志码: A 文章编号: 1000-6532 (2021) 02-0070-07

煤炭资源是一种重要化石能源^[1-2],也是我国 的基础能源,是国家经济发展的前提保障^[3-4]。在 我国能源消费结构中,煤炭占能源消费的 60% 左 右^[5-6]。在煤炭的开发利用中,大部分煤炭资源存 在利用不充分、转化效率低、资源浪费严重的现象。 为了解决这些问题,目前主要方式是对煤炭进行 进一步加工处理,提升品质,进而提高其利用率^[7-9]。 目前,随着采煤机械化程度不断提高,原煤中细 粒级煤泥产率不断增加。煤泥浮选是细粒煤泥脱 硫降灰最有效的分选方法之一,在实际操作流程 中应用广泛^[10-13]。一般煤泥浮选采用烃类油作为 捕收剂,增强煤颗粒表面的疏水性,进而提高煤 泥浮选效果^[14-15]。但浮选药剂成本较高,影响企 业经济效益。目前可以采用微乳化技术制备微乳 捕收剂,提高捕收剂在水中的分散性,从而进一步提高分选效率^[16];或者将疏水性颗粒加入普通的浮选药剂中,用以提高浮选效果,减少药剂用量^[17]。

随着工业不断发展,出现了各种纳米材料, 由于自身的优良特性,有着良好的应用前景。纳米 碳材料是指在分散相尺度至少有一维小于 100 nm 的碳材料^[18]。目前主要通过电弧法、激光溅射法、 碳氢化合物分解法制备碳纳米管。在自然界中, 荷叶表面表现出超疏水特性,主要是由于荷叶表 面上的微纳米级乳突与其表面能蜡状物质共同作 用,使荷叶具备了超疏水性,这个现象就是"荷 叶效应"^[19]。借助该效应,纳米材料科学领域制 备出了超疏水表面^[20]。

收稿日期: 2020-06-02

作者简介:杨丹(1997-),女,硕士研究生。

基金项目:国家自然科学基金项目面上项目,重点项目,重大项目(51674257)

通讯作者:王海锋 (1978-),男,教授、博士生导师,主要从事矿物分选以及矿产资源综合利用等研究,邮箱:whfcumt@126.com。

浮选手段是借助物质表面的亲疏水性的差异 进行分选。基于纳米碳的特殊尺寸表现出的物理 化学特性,在浮选领域,有研究将疏水性的纳米 颗粒作为浮选药剂,提高矿物表面的疏水性^[21]。 炭黑颗粒具备超疏水性,且的粒径很小,将炭黑 颗粒做用于改善煤泥表面疏水性,可以提高难浮 煤泥浮选效率^[22];加拿大 McMaster 大学的 Yang 等^[24-26]利用纳米颗粒表面的特殊性能,将其成功 引用于矿物浮选中。

本文以超纯煤为原料,采用冷冻研磨技术制 备碳纳米煤颗粒,并与正十二烷混合制备煤一烃 类油捕收剂。利用煤制备成超疏水颗粒,可以避 免引入其他颗粒对精煤质量的影响,更具有实用 性。通过对比正十二烷和纳米煤一正十二烷捕收 剂对煤炭浮选效果的差异,结合 XPS、SEM 等分 析手段探究了新型捕收剂强化煤泥浮选的机理。

1 实 验

1.1 煤样及实验试剂

1.1.1 煤样

本实验所用浮选样品为某选煤厂煤泥样品, 煤样的工业分析、粒度组成、矿物质 XRF 定量分 析见表 1、2 和图 1。

Table 1 Industrial analysis of coal samples					
名称	水分	灰分	固定碳	挥发分	
含量 /%	3.97	28.1	40.04	27.89	

表 1 煤样的工业分析

表 2 煤样的粒度组成

Table 2 Grain size composition of coal samples				
粒级 /mm	产率 /%	灰分 /%		
-0.5+0.25	37.42	9.21		
-0.25+0.125	21.43	14.37		
-0.125+0.074	14.37	39.43		
-0.074+0.045	9.32	48.93		
-0.045	17.46	66.88		
合计	100.00	28.43		





从表1可知原煤样的灰分较高,需要对原 煤进行合适的处理手段来降低灰分,提高煤的 利用效率。从表2得知煤样的主导粒级为0.25~ 0.5 mm,其次是0.125~0.25 mm;说明煤样以粗 颗粒为主,在浮选过程中,粗颗粒较细颗粒而言, 由于自身重力作用,容易发生脱附现象,导致回收 率低。从图1可知,煤样中的主要矿物质为高岭石、 伊利石、石英以及白云母等,高岭石、伊利石、石 英和白云母均为亲水性矿物,所以需要通过浮选手 段对煤样提纯处理。破碎筛分后,取-0.5 mm 粒级 作为研究对象。

1.1.2 纳米煤 - 正十二烷新型捕收剂的制备

选取1g纳米煤颗粒,将其与正十二烷按照质 量比1:100比例混合均匀,得到纳米煤一正十二 烷新型混合捕收剂。由于纳米煤颗粒具备强疏水 性,该颗粒在正十二烷能够不完全分散,考虑到 颗粒之间存在团聚现象,纳米煤一正十二烷新型 捕收剂中有较多微纳颗粒的小絮团。

1.1.3 实验仪器

本研究中使用的仪器有:美国 FEI 扫描电子 显微镜 Quanta 250;美国赛默飞 X 射线电子能谱 ESCALAB 250Xi 型光电子能谱仪;表面张力仪 K100;Tecnai G2 F20 型场发射透射电子显微镜; 浮选机: 0.5 L, XFD;德国莱驰冷冻球磨仪。

1.2 实验方法

1.2.1 纳米煤制备

选取含碳量高且灰分低的超纯煤作为纳米煤制 备原料。首先利用小型破碎机将超纯煤破碎 5 min, 装袋待用,将袋中煤样利用缩分取样的方法,取 2 g 的煤样,放入冷冻研磨机中,先让煤样在冷冻研 磨机中预冷冻 5 min,其目的在于改变煤样的物理 性质。在这个过程中,煤的粘结力的下降、煤体 裂隙扩展和裂隙体积增加、且煤本身的水分也会 随之升华,导致煤颗粒之间更加松散;随后冷冻 研磨制备纳米煤颗粒。在冷冻研磨结束后,立即 用密封袋将煤样密封,为了防止冷冻研磨后的煤 样与空气接触氧化。

1.2.2 TEM 分析

TEM 分析使用 Tecnai G2 F20 型场发射透射电 子显微镜。由于纳米煤颗粒的粒度极小,相互之 间存在吸引力,容易团聚,不易分散,故将纳米 煤颗粒加入无水乙醇中,再进行超声处理使颗粒 分散,随后用小铜片捞出超纯煤的颗粒,在透射 电镜观测粒度。考虑到颗粒之间存在团聚现象, 在乙醇溶液中也不会完全分散,故观察到的粒度 大小明显大于颗粒本身的实际大小。

1.2.3 XPS 分析

XPS 测试所用仪器为美国赛默飞 X 射线电子 能谱 ESCALAB 250Xi 型光电子能谱仪。测试流程 为首先取少量待测纳米煤样品置于洁净的表面皿 中,然后使用仪器专用压力机进行压片,再将压 好的样品粘在导电胶带上并放置在样品台上,最 后开始测试。由于 XPS 测试深度仅为样品表面大 约在 5 nm 左右的范围内,并且灵敏度高,所以在 整个测试过程中应当尽量避免样品污染。

1.2.4 润湿性分析

润湿性测试借助表面张力仪 K100 进行。由于 超纯煤颗粒的硬度过高,在接触角测试的样品压 制过程中无法制样,故采用表面张力仪比较冷冻 研磨处理前后煤样的润湿性,从而表征疏水性强 弱。分别取2g左右的未经冷冻研磨的煤样品和纳 米煤样品放入K100测试管中,在测试管的一端垫 一片滤纸,拧上螺母。敲击使样品尽量压实,两 次装填的操作尽量一致,从而确保压实度相同。 压实后样品应尽量达到样品管的2/3处。将测试管 的螺母拧紧后固定在天平挂钩上。在烧杯中装入 液体,并且移动到接近测试管下端2mm处,开始 测试。借助表面张力仪测定去离子水对纳米级超 纯煤和原粒级超纯煤的润湿性,以揭示超纯煤在 纳米级粒径下疏水性更强。

1.2.5 浮选实验方法

选用 0.5 L 单槽浮选机, 矿浆浓度为 70 g/t, 叶 轮转速 1800 r/min。仲辛醇为起泡剂, 用量为 80 g/t; 捕收剂分别为正十二烷和纳米煤一正十二烷新型浮 选药剂, 用量分别为(100、150、200、250)g/t。煤 泥浮选过程:将 35 g 煤样加入 0.5 L 浮选槽内, 搅 拌 2 min, 加入捕收剂调浆 2 min, 再加入起泡剂 仲辛醇调浆 30 s, 打开进气阀门开始刮泡, 刮泡时 间为 2 min。过滤浮选实验的浮物和沉物,烘干称重; 取 1.0 g 的煤样放入马弗炉中慢灰程序烧灰行灰分 测定,计算出精煤产物的产率和灰分, 从而比较 两种捕收剂的浮选效果。

为了进一步探究这两种捕收剂在浮选过程中 对煤泥的行为影响,进行了煤泥分步释放实验。正 十二烷和纳米煤一正十二烷新型浮选药剂为捕收 剂,捕收剂用量均为 250 g/t;仲辛醇为起泡剂,起 泡剂用量 250 g/t。采用 1.0 L 单槽浮选机,矿浆浓 度为 150 g/t,叶轮转速 1800 r/min。分步释放实验 步骤如下:取 150 g 煤样放入 1.0 L 单槽浮选机预润 湿 2 min,之后加入 70% 量的正十二烷搅拌 2 min, 再加入 70% 量的仲辛醇搅拌 30 s,通过浮选刮泡, 观察浮选槽中尾矿的颜色,未出现淡黄色,再次 少量加捕收剂和起泡剂,继续浮选至尾矿出现淡 黄色,将浮选多次得到的精煤再次倒入浮选槽中 加水搅拌30s后,充气并完全刮泡,如此循环多次, 直到精煤很难浮出为止。再改用纳米煤-正十二烷 新型捕收剂重复上述操作,得到纳米煤-正十二烷 新型捕收剂后的分布释放产品。分别过滤出分布 释放的各级浮物产品以及沉物产品,烘干称重, 各取1.0g的煤样放入瓷舟,用马弗炉的进行灰分 测定。计算浮物产品的灰分和产率。

1.2.6 SEM 测试

对单元浮选实验的两种精煤产物表面颗粒吸 附情况使用扫描电子显微镜进行分析,由于样品 本身不导电,为了在扫描电镜下观察煤颗粒表面 的形貌,在制样的时候要将其进行喷金处理。

2 结果与分析

2.1 纳米煤的形貌分析

通过透射电镜来观察纳米煤颗粒的形貌大小, 可以得出超纯煤通过冷冻研磨的处理方式可以使 其粒度在 50 nm 左右,超纯煤通过预冷冻后冷冻 研磨的方法能够有效改变超纯煤的粒度大小。

2.2 纳米煤颗粒的疏水性研究

2.2.1 纳米煤表面官能团分析

纳米煤样品的 XPS 宽扫结果见图 2。



图 2 纳米煤的 XPS 宽扫结果

Fig. 2 XPS wide sweep results of nanometer coals

通过计算得知,该纳米煤颗粒样品的表面 C1s含量是84.82%,表面O1s含量是9.91%,表 面Na1s含量是1.73%,表面N1s含量是2.78%,表 面Ca2p含量是0.76%,C元素含量较高。在结合 能为284.6、285.5、286.39、288.7eV时分别对应与 C=C、C-C、C=O、-C=O 基团。图 3 是采用 XPS peakfit 软件对 C1s 进行分峰拟合,得出该纳米煤 颗粒的分峰拟合结果。



Fig. 3 CLS peak fitting of nanometer coals

该纳米煤颗粒表面 C=C, C-C, C=O 和 -C=O 基团的含量分别为 45.62%, 45.13%, 6.13% 和 3.12%。 其中,C=C、C-C 基团为疏水性碳氢基团,而 C=O、-C=O 基团为亲水性含氧基团。由于疏水性基 团在纳米煤颗粒占比超过 90%,所以其疏水性极强。 2.2.2 润湿性效果分析

图 4 表示纳米级超纯煤和原粒级超纯煤对去 离子水的吸附能力。与原粒级超纯煤相比较,在 单位时间内,纳米级超纯煤对水的吸附速率变慢。 这主要是因为在相同质量下纳米级超纯煤的比表 面积更大,从而暴露出更多的疏水表面,对水的 吸附速率相应减弱。润湿性分析能够得出纳米级 超纯煤疏水性得到了提高。



Fig. 4 Comparison diagram of wettability of ultra-pure coals

2.3 浮选实验结果

2.3.1 单元煤泥浮选实验结果

煤泥浮选结果见图 5。



图 5 2 种捕收剂的煤泥浮选实验结果

Fig. 5 Results of slime flotation test for two kinds of collectors 从图中可以看出当两种不同捕收剂作用于煤 泥浮选中时,捕收剂用量从 100 g/t 增加至 250 g/t, 纳米煤一正十二烷新型捕收剂相较于正十二烷捕 收剂所得精煤产率有着显著提高,说明新型捕收 剂能够提高矿浆中煤粒与气泡的黏附效率;并且 灰分有明显下降,说明新型捕收剂对低灰分煤有 着更好的选择性。随着捕收剂的使用量增加,精 煤产率和灰分同时增加,说明中、高灰分煤在浮 选过程中进入泡沫,导致精煤产率与灰分同步增 加。可以看出新型捕收剂对于煤样有较好的选择 性和捕收能力。

2.3.2 分步释放实验结果



煤泥分步释放实验结果见图 6。

图 6 2 种捕收剂的浮物分步释放实验曲线

Fig. 6 Floating solids release experiment curve of two kinds of collector by steps

从图 6 可以看出,两种不同捕收剂分别作用 于分步释放实验中,在进行第一次粗选时,使用 纳米煤一正十二烷新型捕收剂的作用效果高于正 十二烷捕收剂,新型捕收剂能够更大程度的回收 精煤,此过程中精煤的灰分会增加,包括一部分 中高灰分的煤泥会极大程度的浮选出来。在第一 次精选的时候,由于药剂的作用,采用纳米煤一 正十二烷新型捕收剂的回收效果仍高于正十二烷 捕收剂的回收效果。随着精选次数的增加,药剂 的量越来越少,到后几组,几乎可以忽略药剂的 作用,所以两组产品的回收率和灰分越来越接近。 煤泥分步释放实验能够说明新型捕收剂的超疏水 颗粒可以作用在煤表面,增加煤表面的疏水性, 从而提高浮选效率。进一步验证新型捕收剂对于 煤样有较好的选择性和捕收能力。

2.4 SEM 结果分析和纳米煤强化浮选的机理探讨

本文使用 SEM 对两种捕收剂作用后的煤粒表 面进行表征,以探索纳米煤颗粒对煤泥浮选的强 化作用。



图 7 2 种捕收剂作用后的煤粒表面 SEM Fig. 7 SEM photos of coal particle surface after the action of two kinds of collectors

图 7 中,图(a)是正十二烷捕收剂作用后的 煤颗粒表面的形貌,图(b)是纳米煤一正十二烷 新型捕收剂作用后的煤颗粒表面的形貌,可以看 出使用新型捕收剂的精煤颗粒表面上的微纳颗粒 明显多于普通捕收剂作用后的煤颗粒表面,说明 使用纳米煤一正十二烷捕收剂后,煤泥中的精煤 能够与纳米煤颗粒结合,改变自身表面形态与物 理性质。由于精煤颗粒所吸附的纳米煤颗粒疏水 性高,所以两者结合后精煤颗粒的疏水性也有了 显著提高,并且增加了自身表面的凸起点,从而 较大幅度提高煤泥浮选的效率。SEM 电子扫描显 微镜的结果也验证了前面的浮选实验,利用纳米 煤-正十二烷新型捕收剂的精煤产率明显高于正 十二烷捕收剂的精煤产率;纳米煤一正十二烷新 型捕收剂能够显著提高其浮选效果,能够将灰分 较低的精煤颗粒较大程度上地浮选出来。

4 结 论

(1)超纯煤灰分低,含碳量高。低温条件下 能够改变它的脆性,以便于破碎,利用冷冻研磨 的方式可以超纯煤破碎至纳米级,是一种实现煤 的纳米化的简单且有效的方法。

(2)由于纳米煤具有颗粒小,疏水性高的特点,将疏水性高的纳米煤颗粒与正十二烷混合制备成捕收剂,在浮选过程中纳米煤能够粘附到煤表面,进而提高煤的疏水性。同时,纳米煤颗粒在浮选过程中能够吸附于煤表面,从而增强煤的疏水性,并且增加了煤表面的固体凸起点。在浮选过程中,当气泡粘附煤颗粒时,这些微纳颗粒能够加速水化膜的破裂,促进煤颗粒和气泡的黏附效率,提高煤泥浮选效率。所以在普通捕收剂中加入纳米煤颗粒,可以在一定程度上改善煤泥浮选效率。

参考文献:

[1]LI M, XIA Y. C, ZHANGg Y F, et al. Mechanism of shale oil as an effective collector for oxidized coal flotation: From bubble-particle attachment and detachment point of view[J]. Fuel, 2019. 255,Article 115885.

[2]MAO Y F, XIA W C, PENG Y L, et al. Ultrasonic-assisted flotation of fine coal: A review[J]. Fuel Processing Technology, 2019. 195, Article 106150.

[3] 谢翠平,杨建国,王羽玲.超纯煤制备意义及制备方法 简介 [J]. 洁净煤技术, 2004, 10(3): 45-47. XIE C P, YANG J G, WANGY L. The significance and introduction of preparation method of ultrapure coal [J]. Clean Coal Technology, 2004, 10(3): 45-47.

[4]ZHU X C, WEI H B, HOU M Y, et al. Thermodynamic behavior and flotation kinetics of an ionic liquid microemulsion collector for coal flotation[J]. Fuel, 2019,Article 116627.

[5] 崔民选, 王军生. 中国能源发展报告 [M]. 北京: 社会科 学文献出版社, 2014.

CUI M X, WANG J S. China's energy development report [M]. Beijing, Social Sciences Academic Press, 2014.

[6]BU X N,CHEN Y R,Ma G X, et al. Differences in dry and wet grinding with a high solid concentration of coking coal using a laboratory conical ball mill: Breakage rate, morphological characterization, and induction time[J]. Advanced Powder Technology, 2019. 30(11): 2703-2711.

[7]Fu Y, He Y, Xie W, et al. Research on the reverse flotation of kaolinite from fine coal on basis of adsorption behavior[J]. Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects[J]. 2019, 41(14): 1663-1673.

[8]Li C W, Xu M, Zhang H J. Efficient separation of highash fine coal by the collaboration of nanobubbles and polyaluminum chloride[J]. Fuel, 2020. 260,Article 116325.

[9]YU Y X, XU Z H, ZHOU A N, et al. New insights into the slime coating caused by montmorillonite in the flotation of coal[J]. Journal of Cleaner Production, 2020. 242,Article 118540. [10]XIA Y C, WANG L W, ZHANG R, et al. Enhancement of flotation response of fine low-rank coal using positively charged microbubbles[J]. Fuel, 2019. 245: 505-513.

[11]WANG D P, XU M, HE J H, et al. Flotation of low rank coal using dodecane after pretreatment by dielectric barrier discharge (DBD) air plasma[J]. Fuel, 2019. 251: 543-550.

[12] 程万里,邓政斌,刘志红,等.煤泥浮选中矿物颗粒间 相互作用力的研究进展[J].矿产综合利用,2020(3):1-7.

CHENG W L, DENG Z B, LIU Z H, et al. Research progress on interaction force between mineral particles in flotation of slime [J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2020 (3): 1-7.

[13] 卢智强, 刁海瑞, 李彩霞, 等. 难浮煤泥浮选试验研究[J]. 洁净煤术, 2018,7(4):50-53.

LU Z Q, DIAO H R, LI C X et al. Experimental study on flotation of difficult-to-float coal slime[J]. Clean Coal Technology, 2018, 7(4):50-53.

[14]LI Y G, LI J W,CHEN P, et al. The effect of ultra-fine coal on the flotation behavior of silica in subbituminous coal reverse flotation[J]. Powder Technology, 2019. 342: 457-463.

[15] 陈占文, 郭德. 我国中煤再选研究现状与可行性分析 [J]. 煤炭科学技术, 2014,42(5): 114-117.

CHEN Z W, GUO D. Research Status and Feasibility Analysis of Middle Coal Re-concentration in China [J]. Coal Science and Technology, 2014,42 (5): 114-117.

[16] 李琳,崔广文,刘惠杰,等.超声微乳捕收剂的制备及 煤泥浮选性能研究 [J]. 洁净煤技术,2016,7(4):68-72.

LI L, CUI G W, LIU H J, et al. Preparation of Ultrasonic Microemulsion Collector and Study on the Flotation Performance of Coal Slime [J]. Clean Coal Technology,2016,7(4):68-72.

[17] 曹明强, 王怀法. 聚苯乙烯纳米粒子作为浮选捕收剂的 试验研究 [J]. 矿产综合利用, 2017 (4): 46-51.

CAO M Q, WANG H F. Experimental study on polystyrene nanoparticles as flotation collector [J]. Multipurpose Utilization of Mineral Resources, 2017, 8(4): 46-51.

[18] 石焕,程宏志,刘万超.我国选煤技术现状及发展趋势[J].煤炭科学技术,2016,44(6):169-174.

SHI H, CHENG H Z, LIU W C. Current situation and development trend of coal preparation technology in China [J]. Coal Science and Technology, 2016,44 (6): 169-174.

[19] 梁逵,李兵红,刘国标,等.煤基碳纳米材料的研究进展[J].电子元件与材料,2005,24(3):63-65.

LANG K, LI B H, LIU G B, et al. Preparation and characterization of coal based carbon nanomaterials [J].

Electronic Components and Materials, 2005, 24(3): 63-65.

[20] 何桂春, 康倩, 王玉彤. 纳米技术在矿物加工中的应用 [J]. 有色金属科学与工程, 2014(4): 71-76.

HE G C, KANG Q, WANG Y T. Application of nanotechnology in mineral processing [J]. Nonferrous Metals Science and Engineering, 2014(4): 71-76.

[21]GAO L, Mccarthy T J. The "Lotus Effect" Explained: Two Reasons Why Two Length Scales of Topography Are Important[J]. Langmuir, 2006, 22(7): 2966-2967.

[22]Qahtan T F,Gondal M A,Alade I O,et al. Fabrication of water jet resistant and thermally stable superhydrophobic surfaces by spray coating of candle soot dispersion[J]. Scientific Reports, 2017, 7: 7531-7537.

[23]YANG S T, Robert P, Adam R, et al. Nanoparticle flotation collectors: Mechanisms behind a new technology[J]. Langmuir, 2011, 27(17): 10438-10446.

[24]YANG S T, Robert P. Nanoparticle flotation collectors II: The role of nanoparticle hydrophobicity[J]. Langmuir, 2011, 27(18): 11409-11415.

[25]YANG S T, Robert P, Miles M, et al. Nanoparticle flotation collectors III: The role of nanoparticle diameter[J]. ACS Applied Material Interfaces, 2012, 4(9): 4882-4890.

[26]YANG S T, Robert P, Carla A, et al. Towards nanoparticle flotation collectors for pentlandite separation[J]. International Journal of Mineral Processing, 2013, 123: 137-144.

Preparation of Nano Coal and its Mechanism of Improvement on Coal Flotation

Yang Dan, Wang Haifeng, Huang Zhigang, Liu Jiangshan, He Yaqun

(School of Chemical Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou, Jiangsu, China) **Abstract:** In order to explore the effect of adding nano coal particles into ordinary flotation collector reagent on coal flotation, coal nanoparticles were prepared by cryogenic-grinding, and the surface characteristics of nano coal particles were analyzed. Furthermore, nano coal particles were added to n-dodecane, which is a traditional coal flotation collector, to make a liquid-solid flotation collector for coal flotation. The X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) spectrum showed that nano coal particle mainly contain carbon, and its surface functional groups are mainly C-C and C=C. The flotation efficiency of the mixed flotation collector was investigated and compared. The morphology of clean coal particles were characterized by electron scanning microscope (SEM). Results showed that nano coal particles were clung on the surface of clean coal particles. Nano coal particles on coal surface can improve the hydrophobicity and increase the solid convex point on the coal surface, thus the adhesion efficiency between coal particles and bubbles could be promoted, and the efficiency coal slurry flotation could also be improved.

Keywords: Nano coal; Frozen-grinding; Liquid solid mixed collector; Coal flotation