

# 高灰难选细粒煤泥分选研究现状

丁起鹏, 桂夏辉

(中国矿业大学 化工学院, 江苏 徐州 221116)

**摘要:** 高灰难选细粒煤泥分选问题是国内外选煤专家研究的热点和难点, 文章分析了其产生的背景, 阐述了浮选柱、浮选机以及新型细粒煤泥分选设备处理难选细粒煤泥的优缺点, 介绍了细粒煤分选的新工艺和浮选药剂的研究进展。

**关键词:** 高灰; 细粒; 难选煤泥; 分选设备

**中图分类号:** TD946 **文献标识码:** B **文章编号:** 1671-0959(2010)05-0029-03

## Research Status of separation of high ash, difficult separated fine slime

DING Qi-peng, GUI Xia-hui

(School of Chemical Engineering and Technology, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, China)

**Abstract:** The separation problem of the high ash difficult separated fine slime is the hot and difficult research points of the coal preparation experts at home and abroad. The paper analyzed the background and stated the advantages and disadvantages of the floatation column, floatation machine and the new type fine coal slime separation equipments in the difficult separated fine slime separation. The paper introduced the research progress of the new technique and the floatation agent for the fine coal slime separation.

**Key words:** high ash; fine; difficult separated slime; separation equipment

随着我国采煤机械化程度的提高、资源地质条件的恶化、选煤厂大型化建设及重介旋流器的广泛应用, 高灰难选细粒煤比例急剧增加, 特别是0.074mm以下的微细煤含量甚至高达90%, 煤泥可浮性很差, 并呈现继续恶化的趋势, 使煤泥分选的矛盾更加突出, 主要表现在: ①原生煤泥粒度呈微细化, 把煤泥分选变成微细粒分选; ②煤泥中煤含量高、灰分高、可浮性差, 使煤泥变成高灰难选煤泥; ③煤泥水浓度高, 煤泥分选难度进一步增加; ④重介旋流器分选技术的快速发展, 造成入浮粒度下限降低、可浮性变差, 煤泥分选难度进一步凸现。与此同时, 随着煤炭储量的不断减少, 作为不可再生资源, 高灰难选细粒煤泥的出现使得煤泥分选面临新的挑战, 煤泥分选过程中所暴露出回收率和生产效率低的缺陷越来越明显, 已成为制约煤炭资源利用率和煤炭高效洁净利用的一个关键因素。

## 1 细粒煤泥分选设备

虽然煤泥分选技术的不断进步, 新型设备不断出现, 但就其分选效果与高效分选之间还存在很大的差距, 下面

介绍几种细粒煤泥分选设计。

### 1.1 浮选机

现有技术(如重力分选、离心分选和泡沫分选等)还远远不能实现我国高灰难选细粒煤的高效分选。近几年, 浮选机呈现多样化的发展趋势, 如维姆科浮选机、奥托昆普浮选机、充填式浮选机、粗粒浮选机、闪速浮选机、喷射浮选机等, 同时, 复合力场被逐步引入到传统浮选机中, 并取得了卓有成效的结果。选煤科研人员在研制了浮选旋流器后, 又成功研制了基于离心力场和重力场共同作用的离心浮选机。虽然离心力场浮选具有许多优势, 对微细粒煤泥分选效果较好, 但也存在单位体积、单位时间颗粒和气泡碰撞次数受离心力场强度影响较大的缺陷, 同时离心强度的增加使矿粒总脱力增大, 脱落临界粒径变小。

### 1.2 浮选柱

在微细粒物料分选方面, 浮选柱一直占有显著的优势。近年来, 随着浮选柱的发展和应用取得了重大突破, 一批新型浮选柱脱颖而出, 浮选柱在煤泥分选工业中又受到重视。如国内的喷射式浮选柱、充填浮选柱、静态浮选柱和

收稿日期: 2009-08-23

基金项目: 国家“863”项目——高灰难选煤泥的高效分选设备与工艺研究(2007AA05Z339)

作者简介: 丁起鹏(1984-), 男, 安徽淮南人, 2007年毕业于中国矿业大学应用化学专业, 研究方向为矿物加工。

旋流-静态微泡浮选柱(床),以及加拿大的CPT浮选柱、德国的KHD浮选柱、美国的Flotair浮选柱、VPI微泡浮选柱、MTU型充填介质浮选柱和Wemco利兹浮选柱等。尽管柱分选技术已在选煤厂得到广泛应用,但设备处理能力偏低,浮选尾煤灰分偏低是其所面临的突出问题。此外,在设备大型化方面,我国还缺少与高灰难选细粒煤高效分选相匹配的关键技术及成套设备。

### 1.3 新型细粒煤泥分选设备

Reflux classifier(RC)是由澳大利亚Ludowici公司生产的一种既可用来分级,又可用来分选的新设备。该设备由流化床部分和一组不同高度的倾斜平行板组成。K. P. Galvin等用一个 $0.6 \times 0.6\text{m}$ 的RC分选机对 $-2\text{mm}$ 粒级的煤泥进行半工业试验。入料各粒级组成分别为: $-2\text{mm}$ 占1%, $0.125 \sim 2\text{mm}$ 占83%, $-0.125\text{mm}$ 占16%,当入选原煤中的 $0.125 \sim 2\text{mm}$ 粒级物料灰分为16%左右时,可获得精煤灰分10.4%,尾煤灰分73.2%,精煤产率达到90%的效果。

由于微细粒的惯性小,沉降速度慢,因此,常规的重选方法不可能有较好的分选效果。改善重力分选的一个有效措施是利用离心力场增强不同密度物质的分离。也就是采用惯性离心加速度去取代重力加速度,以实现细颗粒的离心重力分选。Falcon离心机正是通过离心力场来强化细粒物料按密度进行有效分离的设备之一。Falcon分选机区别于其它类型重力分选机的重要特征之一就是其能够产生较大的离心加速度,最大能够达到重力加速度的300倍,高强度的离心加速度可以弥补微细颗粒由于粒度小而导致沉降时间长的缺点,实现快速沉降。

Falcon离心分选机可有效分选 $0.6 \sim 0.043\text{mm}$ 级细粒煤。但由于Falcon离心重力分选机是依靠离心运动来增强细颗粒的重力分选效果,所以在处理未完全解离的中间物含量大或硫分含量高的细粒原煤时,其效果要优于常规浮选法。然而,当细粒入料中含有大量高灰细泥时,一部分细泥会随溢流进入精煤,污染精煤,使得最终精煤灰分增高。

## 2 细粒煤泥高效降灰分选技术

### 2.1 油团聚法

油团聚降灰工艺是一种高非极性油用量的分选工艺。它是一种物理分选方法,具有高脱灰率和高可燃体回收率的特点。

李蒙俊等人应用油团聚技术对湖南白沙某烟煤进行降灰研究,在将试验条件及工艺参数最佳化后,以煤的粉碎粒度达到100%通过250目,1%的添加物,50%的水量,每段浮选时间均为16min进行实验。在原煤灰分30.79%的情况下,精煤灰分可降至4.06%,产率46.21%;中煤灰分10.62%,产率21.73%;尾煤灰分83.28,产率32.06%。中国矿业大学北京校区在油团聚方面做了很多工

作,发现对于氧化程度高的煤粒,要加入少量醇类使表面疏水才能进行油团聚。在油团聚降灰工艺中,用油水界面张力大的油作团聚剂,可取得良好的分选效果,得到灰分很低的精煤。变质程度深的煤,表面疏水,易于团聚;变质程度浅的煤表面亲水,需加入醇类调整剂改善煤的表面性质使其疏水,得到团聚的目的。

### 2.2 选择性絮凝法

选择性絮凝是在含有两种或多种组分的悬浮液中,根据待分离物料表面的物理化学性质不同,选择其中一种组分进行絮凝,而其他组分仍然留在溶液中成悬浮状态,再将絮凝物和悬浮液分离,完成选择性絮凝分选过程。在选择性絮凝分选体系中,同时有分散、絮凝两个作用。为了使两种不同组分进行分离,必须使其中一种组分呈分散状态,另一种组分则起絮凝作用。因此,通常需要添加两种以上药剂,其中一种为分散剂,吸附在一种组分的表面上,使之稳定地处于分散状态;另一种为絮凝剂,吸附在另一种组分的表面上,使之进行絮凝。这种选择性的吸附作用是由于矿物表面性质差异造成的。

### 2.3 选择性聚团法

选择性聚团分选法是一种药耗较低的物理分选新方法,具有工艺设备简单、分选效果好、环境污染低等优点,在微细粒矿物分选方面,较其他工艺方法显示了明显的优越性,具有广阔的应用前景。选择性聚团法与选择性絮凝法的主要区别在于选择性聚团所用团聚剂为烃类油,而选择性絮凝所用团聚剂为高分子化合物;选择性聚团先形成聚团而后用浮选的方法将煤与矿物质分离,而选择性絮凝是使煤粒形成絮团后下沉,而后将絮团与矿物质分离。王怀法等人采用选择性聚团法对山西某高灰、超细、极难选煤进行了一系列实验研究。实验中分别采用煤油、柴油、索罗明、油酸钠为团聚剂和浮选捕收剂,六偏磷酸钠为分散剂,仲辛醇为浮选起泡剂。结果表明:索罗明油降灰效果最明显,原煤灰分30.88%,最终可得到灰分为12.28%,产率为55.31%的精煤。

## 3 细粒煤浮选药剂研究

### 3.1 新型复合药剂的研制

复合浮选剂是近年来浮选剂开发的新趋势。它兼具“捕收与起泡”的双重功能,一般是在传统的药剂中加入一种或者几种表面活性剂做为促进剂。因为大多数表面活性剂对煤粒有捕收作用,或具有起泡性能或可作为乳化剂。复合药剂的研制和生产大大降低了油耗,节约了能源,改善了浮选指标,可使药剂的单耗大多降到 $1.0\text{kg/t}$ 干煤泥以下。目前国内研制的有FJ系列、MZ系列、MB系列、MJ、FO、ME等等。

中国矿业大学北京研究生部研制的FJ药剂是一种同时具有捕收性能和起泡性能的复合药剂。在相同浮选条件下(入料浓度、充气量、浮选时间等),当浮选入料浓度为60

~110g/L时,使用FJ复合浮选剂节油量可达30%~50%,并可得到接近或优于常规药剂的浮选指标。中南大学研制的FX-127煤泥浮选药剂是用一种工业副产品和其它原料按一定比例配合,FX-127浮选剂的起泡能力强,对煤有捕收作用,是一种有效的浮选剂。湖南省煤炭研究所研制的FO浮选药剂是一种用于细粒级难选煤的复合药剂。该药剂的浮选试验结果表明与目前市场上使用的浮选药剂相比,在相同浮选条件下,精煤产率平均提高5%以上,药剂耗量下降40%以上。新型复合药剂ME由环己烷氧化工艺产生的酸性副产物与无水乙醇在SP(磺酸盐类物质)作催化剂条件下反应制得,最终产物经中和、洗涤后蒸馏,收集160℃以上馏分,该复合药剂用于平顶山煤浮选,可以明显改善药剂的选择性,提高精煤产率。YT浮选药剂由岳阳石油化工总厂研究院研制, YT浮选剂是由多种有机物组成。中国矿业大学研制的新型MZ系列浮选药剂,采用几种含有表面活性剂成分的石化副产品,经过适当加工改性后,除去了它原有的异味,进行加工、配制成为适合不同煤质要求的煤用捕收剂。其MZ药剂对不同煤质的煤浮选时,其用量有一定差别,但对各种煤的捕收能力都很强,能适用于不同可浮性的煤。

### 3.2 烃类油乳化技术

煤油(或轻柴油)作为煤泥浮选的捕收剂,其特点是疏水性强、来源广、有多年的使用经验等,但上述捕收剂在煤泥水中分散性差,药剂耗量大。所以,为促进油类药剂的分散,充分发挥药剂的效能,使用前先将药剂乳化较为有利。乳化煤油由于油滴分散,在油滴与水的相界面上定向排列着一层乳化剂分子,当油滴和煤粒发生碰撞时,油滴表面上的乳化剂分子能促进包裹着的煤油在煤粒表面上扩散、覆盖,以致整个煤粒表面疏水性增强,提高了药剂的浮选活性。吕玉庭等人在煤油中加入DR乳化剂,将煤油制成乳化液。浮选试验以鸡西烟煤为原料,对比了乳化油、煤油+乳化剂和煤油三种捕收剂的浮选效果。试验结果表明DR乳化剂本省也具有一定的浮选能力,乳化油具有乳化剂和浮选促进剂的双重作用。Abismail等人用探头式超声发生器制备煤油—水体系的水包油(O/W)型乳液,所用的乳化剂是聚氧乙烯失水山梨醇单硬酸酯。超声制备的乳液平均粒径小于0.3 $\mu\text{m}$ ,制备给定粒径的乳液,用超声所消耗的乳化剂量比用机械搅拌的少。而且超声制备乳液的能量损耗相对比用机械搅拌制备乳液的能量损耗低。

## 4 结 语

1) 随着高灰难选细粒煤比例急剧增加,并呈现继续恶化趋势,煤泥分选过程中所暴露出回收率和生产效率低的缺陷越来越明显,严重制约了最终精煤产品质量,已成为制约煤炭资源利用率和煤炭高效洁净利用的一个关键因素。

2) 复合力场被逐步引入到传统浮选机中,如离心力场

浮选具有许多优势,对微细粒煤泥分选效果较好,但也存在单位体积、单位时间颗粒和气泡碰撞次数受离心力场强度影响较大的缺陷,同时离心强度的增加使矿粒总脱力增大,脱落临界粒径变小。浮选机由于受其分选原理的限制,矿化方式比较单一,且浮选过程与物料非线性分选的过程特征不相匹配,仅依靠采用增加槽体数量的机械模式来提高煤泥分选的回收率。对浮选机的应用现状来说,微细粒煤分选效果不佳,浮选精煤灰分偏高是浮选机所面临的主要难题,特别是针对煤泥逐步趋于高灰难选细粒煤泥的现状,浮选机将面临更大的挑战。在微细粒物料分选方面,浮选柱一直占有显著的优势。尽管浮选柱分选技术已在选煤厂得到广泛应用,但设备处理能力偏低,浮选尾煤灰分偏低是其所面临的突出问题。

3) 目前选煤厂广泛应用的浮选药剂多以简单的烃类油为捕收剂,醇类物质为起泡剂,普遍存在药剂选择性差的问题,对于高灰难选煤泥分选更加困难。

### 参考文献:

- [1] K. P. Galvin, E. Doroodchi, A. M. Callen, N. Lambert, S. J. Pratten. Pilot plant trial of the reflux classifier [J]. Minerals Engineering, 2002, 15: 19~25.
- [2] G. Nguyenranlam and K. P. Galvin. Particle classification in the reflux classifier [J]. Minerals Engineering, 2001, 14(9): 1081~1091.
- [3] 陶有俊, 陶东平, 刘炯天等. Falcon离心分选机对细粒煤脱硫试验研究[J]. 金属矿山, 2004, (2): 41~43.
- [4] 蔡璋, 蒋荣立, 罗时磊等. 极细粒煤泥分选新方法—选择性絮凝[J]. 中国矿业大学学报, 1993, 22(1): 54~61.
- [5] 蔡璋, 蒋荣立, 罗时磊等. 煤泥的选择性絮凝研究[J]. 煤炭学报, 1994, 19(5): 513~520.
- [6] 蔡璋. 选择性絮凝在煤炭分选中的应用[J]. 洁净煤技术, 1994, 4(1): 22~23.
- [7] 杨巧文. 超净煤制备技术[M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 2002.
- [8] 王怀法, 湛含辉, 杨润全. 高灰极难选煤泥的絮凝浮选试验研究[J]. 选煤技术, 2001, (1): 17~19.
- [9] 成浩, 杨亚平, 蔡晋强. 细粒级难选煤用FO合成浮选药剂的研究[J]. 煤炭加工与综合利用[J], 1998, (2): 27~31.
- [10] 张景来, 景永德, 陆爱军. 新型复合浮选药剂ME的制备及应用[J]. 煤, 2001, 10(1): 28~29.
- [11] 唐之社. YT浮选剂及其在煤泥浮选中的应用[J]. 选煤技术, 1996, (4): 20~23.
- [12] 施秀屏, 朱红, 欧泽深. 新型MZ系列高效煤用捕收剂的研究[J]. 煤炭科学技术, 1995, 23(4): 39~42.
- [13] 赵鸣, 段旭琴. 非离子型煤用乳化捕收剂的应用[J]. 太原理工大学学报, 1999, 30(1): 19~21.
- [14] 任守政, 关家仁. 高效烃类油乳化剂的研究. 选煤技术[J], 1997, (3): 10~13.

(责任编辑 赵巧芝)