

Универзитет „Гоце Делчев“ Штип, Македонија
Факултет за природни и технички науки

University „Goce Delcev“, Stip, Macedonia
Faculty of Natural and Technical Sciences

UDC: 622:55:574:658

ISSN: 185-6966

Природни ресурси и технологии
Natural resources and technology



ПРИРОДНИ РЕСУРСИ И ТЕХНОЛОГИИ
NATURAL RESOURCES AND TECHNOLOGY

За издавачот:

Проф. д-р Благој Голомеов

Издавачки совет

Проф. д-р Саша Митрев
Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Зоран Десподов
Доц. д-р Дејан Мираковски
Проф. д-р Кимет Фетаху
Проф. д-р Ѓорѓи Радулов

Editorial board

Prof. Saša Mitrev, Ph.D
Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D
Prof. Kimet Fetahu, Ph.D
Prof. Gorgi Radulov, Ph.D

Редакциски одбор

Проф. д-р Благој Голомеов
Проф. д-р Борис Крстев
Проф. д-р Мирјана Голомеова
Проф. д-р Зоран Панов
Проф. д-р Зоран Десподов
Доц. д-р Дејан Мираковски

Editorial staff

Prof. Blagoj Golomeov, Ph.D
Prof. Boris Krstev, Ph.D
Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D
Prof. Zoran Panov, Ph.D
Prof. Zoran Despodov, Ph.D
Ass. Prof. Dejan Mirakovski, Ph.D

Главен и одговорен уредник

Проф. д-р Мирјана Голомеова

Managing & Editor in chief

Prof. Mirjana Golomeova, Ph.D

Јазично уредување

Даница Гаврилоска-Атанасовска
(македонски јазик)

Language editor

Danica Gavrilovska-Atanasovska
(macedonian language)

Техничко уредување

Славе Димитров
Благој Михов

Technical editor

Slave Dimitrov
Blagoj Mihov

Печати

Печатница „2-ри Август“ - Штип

Printing

„2-ri Avgust“ - Stip

Редакција и администрација

Универзитет „Гоце Делчев“ - Штип
Факултет за природни и технички науки
ул. „Гоце Делчев“ 89, Штип
Р. Македонија

Address of the editorial office

Goce Delcev University - Stip
Faculty of Natural and Technical Sciences
Goce Delcev 89, Stip
R. Macedonia

СОДРЖИНА

Зоран ДЕСПОДОВ Технологија за товарење и транспорт на материјалот при брза изработка на тунели	5
Зоран ПАНОВ, Сашо ЈОВЧЕВСКИ, Благојче МИТРЕВСКИ, Делчо КАРАКАШЕВ Избор на технолошки систем за експлоатација на јаглен во наоѓалиштето „Брод – Гнеотино“ – Битола.....	15
Dejan MIRAKOVSKI, Zoran DESPODOV, Goran POP ANDONOV, Stojance MIJALKOVSKI, Nikola MEHANDZISKI Application of monte carlo simulation for risk evaluation in mineral investment projects.....	25
Афродита ЗЕНДЕЛСКА, Благој ГОЛОМЕОВ, Борис КРСТЕВ, Александар КРСТЕВ Примена на електрофлотацијата за искористување на фини и ултрафини честички	33
Николинка ДОНЕВА, Марија ХАЦИ НИКОЛОВА Современи технологии за изработка на подземни хоризонтални рударски објекти.....	41
Сашко ИВАНОВ Анализа на ефикасноста на единичен PDC секач во средини со цврсти карпи.....	49
Alexandar KRSTEV, Boris KRSTEV, Blagoj GOLOMEOV, Mirjana GOLOMEOVA Application of mathematical methods for hydrocyclones with lagrange multipliers	59
Alexandar KRSTEV, Boris KRSTEV, Blagoj GOLOMEOV, Mirjana GOLOMEOVA Computer programmes for mineral processing presentation	67
Виолета СТОЈАНОВА, Гоше ПЕТРОВ, Блажо БОЕВ, Виолета СТЕФАНОВА Дијатомејска флора од наоѓалиштето Вешје во близина на Неготино - Р. Македонија	83
Виолета СТЕФАНОВА, Виолета СТОЈАНОВА Применети методи на истражување на појави и наоѓалишта на злато во Р. Македонија	93

Дељо КАРАКАШЕВ, Тена ШИЈАКОВА-ИВАНОВА, Зоран ПАНОВ, Елизабета КАРАКАШЕВА, Томе ДАНЕВСКИ Архитектонско-градежен и технички камен во Р. Македонија.....	103
Dobriela ROGOZAREVA Review of the hidrothermal alterations in cu deposit ilovitza-eastern macedonia	113
Радмила КАРАНАКОВА-СТЕФАНОВСКА, Благица ДОНЕВА, Стојанче МИЈАЛКОВСКИ Влијанието на површинската експлоатација врз животната средина	123
Марија ХАЦИ-НИКОЛОВА, Николинка ДОНЕВА Енергетската ефикасност во функција на унапредување на квалитетот на животната средина	131
Афродита ЗЕНДЕЛСКА, Мирјана ГОЛОМЕОВА, Благој ГОЛОМЕОВ, Александар КРСТЕВ Примена на зеолитите за прочистување на отпадни води со помош на јонска размена и апсорпција	141
Мирјана ГОЛОМЕОВА, Афродита ЗЕНДЕЛСКА, Борис КРСТЕВ, Александар КРСТЕВ Гравитацииска сепарација за третман на отпадна вода загадена со масла	151
Тена ШИЈАКОВА-ИВАНОВА, Весна ЗАЈКОВА-ПАНЕВА, Гордана КАМЧЕВА, Дељо КАРАКАШЕВ Содржината на калциум и магнезиум во водите за пиење и нивното влијание на кардиоваскуларните заболувања	157
Дејан МИРАКОВСКИ, Марија ХАЦИ-НИКОЛОВА, Николинка ДОНЕВА Управување на цврст комунален отпад	167
Николче РУНЧЕВ, Борис КРСТЕВ, Благој ГОЛОМЕОВ Лидери и менаџери - лидерство, моќ и промени	175
Николче РУНЧЕВ, Борис КРСТЕВ, Мирјана ГОЛОМЕОВА Корпоративно управување наспроти корпоративен менаџмент.....	187
Emilija RISTOVA, Zoran PANOV An approach of systems analysis of crm and improving customer satisfaction trough the management of perception of waiting	199
Николче РУНЧЕВ, Зоран ДЕСПОДОВ, Борис КРСТЕВ Глобализацијата и движењето на финансискиот капитал	207

**ПРИМЕНА НА ЕЛЕКТРОФЛОТАЦИЈАТА ЗА
ИСКОРИСТУВАЊЕ НА ФИНИ И УЛТРАФИНИ ЧЕСТИЧКИ**

Афродита Зенделска¹, Благој Голомеов*, Борис Крстев*,
Александар Крстев**

Апстракт

Проблем во процесот на флотациска концентрација се фините и ултрафините честички, кои заради малата кинетичка енергија не се во можност да го совладаат хидродинамичкиот отпор на флуидот кој ги опкружува воздушните меури, со што се намалува веројатноста на создавање на комплексот воздушно меурче – минерално зрно.

Електрофлотацијата е процес кој е развиен и фокусиран на искористувањето на фини минерални честички со големина 13-38 μm и ултрафини минерални честички со големина помала од 13 μm .

Во овој труд е прикажана примената на електрофлотацијата за искористување на фини и ултрафини честички.

Клучни зборови: *електрофлотација, фини и ултрафини честички.*

¹Факултет за природни и технички науки, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип,
Р.Македонија

**Факултет за информатика, Универзитет „Гоце Делчев“, Штип, Р.Македонија

*Faculty of natural & technical sciences, UGD – Stip, R. Macedonia

**Faculty of Informatics, UGD – Stip, R. Macedonia

APPLICATIONS OF ELECTROFLOTATION FOR RECOVERY FINE AND ULTRAFINE PARTICLES**Afrodita Zendelska*, Blagoj Golomeov*, Boris Krstev*, Aleksandar Krstev******Abstract**

The problem of processing by flotation are fine and ultrafine particles. Particles have small kinetic energy and they can't overcome hydrodynamic resistance of the fluid surrounding air bubbles, thus reducing the creating a complex of the air bubble - mineral.

Electroflotation process is development and focused on recovery fine mineral particles (13-38 μm) and ultrafine mineral particles (<13 μm).

In this paper, the applications of electroflotation for recovery fine and ultrafine particles are presented.

Key words: *electroflotation, fine and ultrafine particles.*

Вовед

Во процесот на флотациска концентрација големи проблеми создаваат фините и ултрафините честички. Овие зрна имаат мала кинетичка енергија која не е во можност да го совлада хидродинамичкиот отпор на флуидот кој ги опкружува воздушните меури, со што се намалува веројатноста на создавање на комплексот воздушно меурче – минерално зрно. Ова се причини поради кои, доколку фините честички се корисни минерали, се продолжува времето на флотирање или се влошува технолошкиот резултат на процесот. Во случај некорисните минерали да се најдат во ситните класи, тогаш тие може неконтролирано и неселективно да се флотираат, со што се влошува квалитетот на концентратот. Корисните или некорисните минерали доколку се наоѓаат во ситните класи, нивното присуство бара зголемување на потрошувачката на реагенси, што негативно се одразува на економичноста на процесот.

Кога флотацијата се соочува со фини честички целокупниот процес станува сосема неефикасен, поради што се врши делење на флотацијата на два дела и тоа: класична флотациска процедура и сепарација на фини честички. Новите технологии, како што се флотација со растворен воздух или водена електролиза за производство на гас (електрофлотација), дејствуваат како минерални носачи за извршување на сепарацијата. Електрофлотацијата е еден од процесите кој е значајно развиен и е

фокусиран на третман на отпадна вода и искористување на фини минерални честички со големина 13-38 μm и ултрафини минерални честички со големина помала од 13 μm . Освен електрофлотацијата, развиени се и други видови на флотација, како што е јонската флотација.

Проблемот со фините и ултрафините честички е предизвикан од внатрешните својства на овие честички: мала маса и висока меѓусебна слободна енергија. Овие главни флотациски недостатоци се поврзани со судирот меурче - честичка и адхезијата, механичко фаќање, висока апсорпција на флотациски реагенси, формирање на густа пена и слаб кинетички процес.

Некои применливи алтернативи за олеснување на проблемите со фините честички се:

- редуција на создавањето на фините и ултрафините честички во мелниците,
- оптимизација на апсорпционата фаза,
- селективна флокулација на фините и ултрафините честички,
- искористување на фините и ултрафините честички од јаловината.

Редуцирањето на создавањето на фините и ултрафините честички е можно со контролирање и оптимизација на процесите на ситнење и класирање и намалување на масата за евентуално домелување.

Електрофлотација

Електрофлотацијата е процес на флотирање на јони, талог или тиња во која за транспорт на хидрофобните зрна се користат меурчиња од гас. Меурите од гас настануваат со електролитичко разложување на водата. Имено, кај електрофлотацијата во флотациската пулпа се потопени две електроди (анода и катода) кои доведуваат до разлики во потенцијалот. Во такви услови доаѓа до електролитичко разложување на водата и издвојување на меури на кислород или водород од пулпата.

Електрофлотацијата примарно се применува во процесот на сепарација, издвојување на концентрат од рудата, а посебно се применува за издвојување на корисните фини честички. Истиот процес на електрофлотација може да се примени и при прочистување на отпадна вода од рудник, од индустријата, вода која содржи тешки метали, колоидни честички и др.

Постигнати се, делумно во лабораториски услови, а делумно и во индустриски услови, високи технолошки резултати во процесот на флотирање на сулфидни минерали на бакар, цинк и пирит. Докажано е дека електролитичкиот кислород активно ја хидрофобизира површината на пиритот, со што се создава можност за флотирање на пирит без примена

на реагенси.

Постапките на флотирање со електролитичко издвојување на гасни меури (покрај одделување на електролитички кислород и водород, може да се издвојат и меури само на кислород или само на водород) може да се препорачаат и во комбинација со класичните постапки со воведување на воздушни меури (вдувување или вшмукување на воздух), за суровини кај кои корисните минерали се јавуваат во широк дијапазон на крупност, а нивното присуство е значително и во најситните класи. Со воведување на електролитичките гасни меурчиња се постигнуваат подобри услови за нивно успешно флотирање од ситните класи, а воздушните меури, настанати со вшмукување или вдувување, овозможуваат задоволителни резултати во поглед на флотирањето на минералите од крупните класи. На тој начин се остварува успешно флотирање на минералите и од ситните и од крупните класи во еден и ист стадиум на флотирање. Истовремено, присуството на воздушните и електролитичките гасни меури може да се оствари со внесување на електроди во флотациската ќелија со вдувување, односно со вшмукување на воздух или додавање на воздух под притисок во ќелија за електрична флотација (слика 1).

Процесот на електрофлотација може да се согледа преку следниве параметри:

- ефикасно искористување на честичите;
- потрошувачка на енергија;
- потрошувачка на хемикалии.

Ефикасното искористување на честичите во голема мера зависи од големината на меурите кои поминуваат низ системот. Потрошувачката на енергија е во директна врска со типот на уредот, материјалот кој се користи како електрода, условите кои владеат во системот (густината на струјата, спроводливоста на ефлуентот и др.). Ако честичките кои сакаме да ги извадиме од пулпата се наелектризирани, тогаш се препорачува да бидат наелектризирани и меурите (спротивно наелектризирани).

Како најбитни може да се издвојат следниве параметри:

Влијанието на рН вредноста

Големината на меурите е во директна врска со рН вредноста на пулпата. Во неутрална средина меурите на водородот кои се формираат се најмали. За кислородот важи правилото дека со зголемувањето на рН вредноста расте и големината на меурите. Треба да се напомни дека големината на меурите зависи и од материјалот од кој се изградени катодите и анодите. Зависноста на големината на меурите на водород од рН вредноста е прикажана во Табела 1 (важи за густина на струјата од 500

A/m²).

За време на работата може да дојде до варирање на рН вредноста со што доаѓа до промена на работните услови во системот и несакани последици. За да не дојде до овој несакан ефект, во текот на работата во системот се додава пуферски раствор за одржување на рН вредноста. Без присуство на пуфер, во близина на катодата доаѓа до брзо зголемување на рН вредноста, додека во анодниот дел доаѓа до намалување на рН вредноста.

Влијанието на густината на струјата

Во зависност од густината на струјата и состојбата на површината на електродите варираат количината и големината на меурите кои се создаваат во системот.

Со истражување е утврдено дека големината на меурите е спротивно пропорционална од густината на струјата во случаи на ниски подрачја на густина на струја. За подрачја со поголема густина на струја, поголема од 200 A/m², не постои јасна теорија која би ја дала зависноста на овие две величини.

Распоред на електродите

Положбата на електродите, која најчесто може да се види во пракса, е прикажана на сл. 2.

Катодата од не'рѓосувачки челик е поставена на 10 - 50 mm над анодата. Распоредот на електродите е многу битен, бидејќи влијае на ефикасноста на флотацијата. Положбата на анодата на дното од уредот за електрофлотација не обезбедува брза дистрибуција на гасот во струјата на пулпата. Ако и спроводливоста на пулпата е мала, потрошувачката на енергија ќе биде неприфатливо голема. Нов начин на распоред на анодата е прикажан на слика 3 и овозможува брза дистрибуција на мали меури во струјниот тек на пулпата.

Брзата дистрибуција на меурите е многу битна и обезбедува меурите да останат мали. Во спротивно, меурите може да се спојуваат меѓусебно и да прераснат во меури со големи димензии, што не се посакува во процесот на електрофлотација. Создавањето на големи меури ја намалува ефикасноста на процесот. Меѓутоа, кога и двете електроди се распоредени хоризонтално како на слика 2, така наречена отворена конфигурација, дозволува и на катодата и на анодата постојан контакт со струјата на пулпата. Меурите кои се создаваат во системот на двете електроди може веднаш да се дистрибуираат во струјата на пулпата и брзо да се прилепат за флокулантите со што се постигнува голема ефикасност во електрофлотацијата. Малку поразличен начин на распоред на електродите е прикажан на слика 3. Предноста е во униформноста на површината на

електродите и зголемената ефикасност.

Отворената конфигурација на електродите се покажа сосема ефикасна во флотацијата на масло и суспендирани соли. Голема е заштедата на енергија, а тоа се објаснува со малиот меѓупростор помеѓу електродите што може да се види на сликите 2 и 3. Волтажата која се бара при електрофлотацијата зависи од отпорот кој се јавува во пулпата, што директно влијае и на спроводливоста на пулпата. Падот на притисокот во системот е пропорционален на меѓупросторот помеѓу електродите. Намалувањето на растојанието помеѓу електродите значајно влијае на намалувањето на потрошувачката на електрична енергија. Кај новиот начин на распоред на електродите меѓупросторот може да биде помал и од 2 mm.

Ефикасноста на електрофлотацијата примарно зависи од големината на меурите кои се создаваат во системот. Тоа е поради тоа што малите меури овозможуваат создавање на поголеми контактни површини. На пример, со титаниумовите DSA аноди се дистрибуира 90% меури кои се со големина помеѓу 15-45 μm , а со DAF електродите се одвојуваат меури со големина од 50-70 μm .

Заклучок

Проблем во процесот на флотациската концентрација се фините и ултрафините честички, поради нивната мала маса и високата меѓусебна слободна енергија. Овие главни флотациски недостатоци се поврзани со судирот минерално зрно - воздушно меурче и адхезијата, механичкото фаќање, високата апсорпција на флотациските реагенси, формирањето на густа пена и слабиот кинетички процес.

Електрофлотацијата е процес на флотирање на јони, талог или тиња во која за транспорт на хидрофобните зрна се користат меурчиња од гас. Меурите од гас настануваат со електролитичко разложување на водата. Кај електрофлотацијата во флотациската пулпа се потопени две електроди (анода и катода) кои доведуваат до разлики во потенцијалот. Во такви услови доаѓа до електролитичко разложување на водата и издвојување на меури на кислород или водород од пулпата.

Ефикасното искористување на честичите во голема мера зависи од големината на меурите кои поминуваат низ системот, поради тоа што малите меури овозможуваат создавање на поголеми контактни површини.

Големината на меурите е во директна врска со pH вредноста на пулпата. Во неутрална средина меурите на водородот кои се формираат се најмали. За кислородот важи правилото дека со зголемувањето на pH

вредноста расте и големината на меурите.

Големината на меурите е спротивно пропорционална од густината на струјата во случаи на ниски подрачја на густина на струја. За подрачја со поголема густина на струја, поголема од 200 A/m^2 , не постои јасна теорија која би ја дала зависноста на овие две величини.

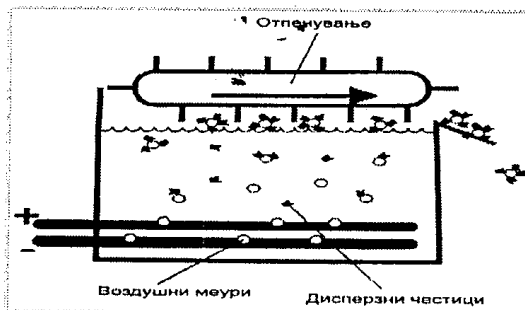
Во однос на распоредот на електродите, ефикасноста на електрофлотацијата е најдобра при распоред на електродите како во сл. 3 прикажана во овој труд.

Литература

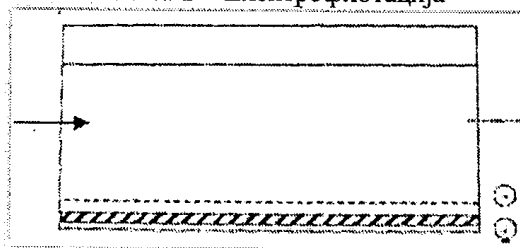
- Fabiano Capponi, Elvies^z Matiolo, Denise G. Nunes, Jorge Rubio – Brazil
Carlos Perez Guerrero, Gabriel Berkowitz – Chile. *Advances in flotation of minerals fines*.
- G. Montes – Atenas, France and R. Mermillod – Blondin, Canada. *Trends of fine particles flotation: Chemical specificity and engineering concepts linked to optimize electroflotation process*.
- Мијалче Николовски (1995). *Подготовка на минерални сировини*.
Рударско-геолошки факултет, Штип
- Nadezda Calic (1990). *Teorijski osnovi pripreme mineralnih sirovina*.
Rudarsko-geoloski fakultet, Beograd
- Vojka Gardic, Aleksandra Milosavljevic, Suzana Stankovic. *Primena elektroflotacije u procesima preciscavanja otpadnih voda*. Institut za bakar Bor. Ekolst' 07

Табела 1 – Зависност на големината на меурите на водородот од рН вредноста
Table 1 - Depending on the bubble size from pH value of hydrogen

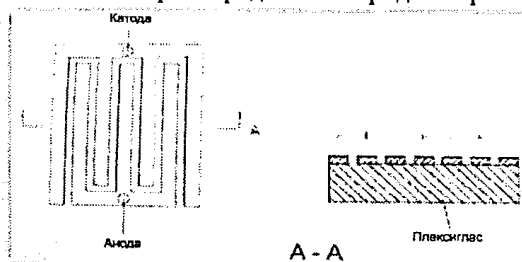
рН вредност	Големина на меурите на водородот
2	23 μm
4	16 \pm 2 μm
6	27 μm



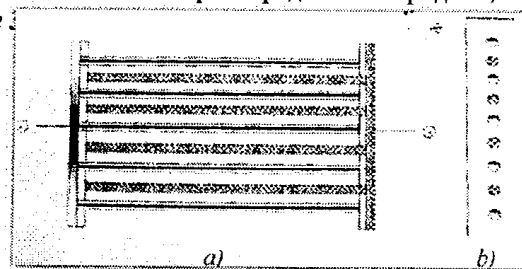
Слика 1 – Електрофлотација



Слика 2 – Конвенционален распоред на електродите при електрофлотација
 Figure 2 - Conventional arrangement of electrodes in electroflotation



Слика 3 – Нов начин на распоред на електродите, според Chen
 Figure 3 - New way of arrangement of electrodes, according to Chen



Слика 4 – Алтернативен распоред на електродите при електрофлотација:
 а) поглед озгора; б) поглед отстрана
 Figure 4 - Alternate arrangement of electrodes in electroflotation:
 а) top view б) side view