

## НОВ ФЕРОМАГНИТЕН УТЕЖНИТЕЛ ЗА СУСПЕНЗИОННО ОБОГАТЯВАНЕ НА ВЪГЛИЩА

**Георги Клисуранов**

Минно-геоложки университет  
"Свети Иван Рилски"  
София 1700  
България

**Ренета Клисуранова**

Минно-геоложки университет  
"Свети Иван Рилски"  
София 1700  
България

**Райчо Дончев**

Минно-геоложки университет  
"Свети Иван Рилски"  
София 1700  
България

### АНОТАЦИЯ

Предлага се нов утежнител, като заместител на магнетита. Показани са зърнометрична и магнитна характеристика на новия феромагнитен утежнител. Доказват се предимствата на утежнителя. Той е евтин, с подходяща зърнометрия, с високо съдържание на магнитни фракции, нискокоерцитивен и лесно се размагнитва. Установява се, че при съдържание на желязо под 60% може да се получи разделителна плътност на суспензията 1800 kg/m<sup>3</sup>, при обемно съдържание на феромагнитни окиси под 30%.

Традиционен феромагнитен утежнител за суспензионно обогатяване на въглища се явява магнетита. В България за обогатяване на въглищата от ЦОФ "Перник" и ЦОФ "Бобов дол" дълго време се използваше железен концентрат от ОФ "Мартиново". След затварянето на тази фабрика, въглеобогатителните фабрики в Перник и Бобов дол изпитват сериозни затруднения, поради недостиг на магнетитови утежнителни. Схемите на регенерация и в двете гравитационни фабрики са на принципа на магнитната сепарация и не могат да използват немагнитни утежнителни (напр. барит).

Използването на вносни магнетитови концентрати за утежнителни създава затруднения и несигурност за снабдяване на производството и се оскъпяват утежнителите. Периодично се получават феромагнитни утежнителни от Украйна и Македония. Някои от тях са некондиционни по зърнометрия и изискват досмилане, което затруднява допълнително фабриците, тъй-като изисква изграждане на инсталация за смилане, класификация и съгъстяване на утежнителя до подходяща плътност за суспензия.

Проблемът за осигуряване на нашите фабрики, обогатяващи енергийни въглища в тежки суспензии, с подходящи утежнителни – българско производство е много актуален и спешен.

В лабораторията по магнитни методи на МГУ бяха проведени изпитания на феромагнитни утежнителни, внесени от Украйна и Македония и бяха съпоставени с нов феромагнитен утежнител, получен от отпадъка на наша обогатителна фабрика. Феромагнитния концентрат беше отделен от отпадъка с оригинален магнитен сепаратор (патентна заявка № 104941/3.11.2000г.), създаващ подхо-

дящи магнитни полета с определен интензитет ( $H = 55$  kA/m), последователност и продължителност на импулсите.

Схемата на обогатяване включваше една основна и една пречистна технологични операции, с дешламирање на магнитния концентрат, който бързо се съгъстява, чрез утаяване до 75 – 80% твърдо. Една част от концентрата бе изсушен и подложен на изследвания за определяне на зърнометричния състав, плътността, съдържанието на общо желязо и за изследване на магнитните хистерезисни свойства на утежнителя. Останалата част от суспензията се кондиционираше по плътност и беше използвана за суспензионна сепарация на енергетични въглища. В табл. 1 и 2 са дадени зърноменричните характеристики, състава и плътността на предлагания и вече използвани утежнителни.

Ако съпоставим данните от таблици 1 и 2 за различни утежнителни ще констатираме, че пробата от македонския едрозърнест концентрат не отговаря на зърнометричните изисквания, тъй-като съдържанието на класата + 150  $\mu$ m е над 10%, а добива на класата + 1 mm, без досмилане варира от 6 до 16% и съдържа 81% магнитни фракции. Високото съдържание на магнитни фракции в класата – 1 + 0,16 mm (до 94 – 95%) може да бъде използвано, но трябва да се досмила, за да се кондиционира по едрина (под 0,15 mm). Класата – 0,16 mm съдържа 90% магнитни фракции. След досмилане на пробата, средното съдържание на магнитни фракции се получава около 92%, т.е. отговаря на изискването да бъде над 86%.

Съдържанието на магнитно и общо желязо е най-високо при украинския магнетитов концентрат, който има и най-висока плътност. Проблемът е, че ЦОФ "Перник" употребява годишно 3000 тона концентрат, а Украйна не се

занимава със сделки за количество, по-малко от 15000 – 20000 тона и преговаря само със сериозни консуматори.

За ползване на едрозърнестия концентрат се налага въглеобогатителната фабрика да разполага с мелници, класификатори и магнитни дешламатори, които усложняват схемата на фабриката.

Таблица 1. Зърнометрична характеристика на концентрати, използвани за утежнител в ЦОФ "Перник"

Изследваната проба за магнитен утежнител е дребнозърнеста и има високо съдържание на магнитни фракции, при средно съдържание на общо желязо и приемлива плътност. Не изисква никакво досмилане.

Част от магнитната фракция на изследвания продукт бе отделена, изсушена и подложена на магнитни изследвания.

Хистерезисните свойства бяха изследвани по метода на Гуи. Измерено бе изменението на магнитната сила на привличане на дълго пръчковидно тяло от пробата, формирано в дълга стъклена епруветка, окачена така че единия ѝ край виси в соленоидално, регулирано по интензивност магнитно поле. В областта на окачването, интензивността на полето е равна на нула.

Таблица 2. Фазов, химически състав и плътност на утежнителите

Магнитната сила се оценяваше, чрез измерване изменението на масата на пръчковидното тяло, съдържащо феро магнитни фази, под влиянието на интензивността на градиентното магнитно поле.

Интензивността на намагнитване на пробата и магнитната ѝ възприемчивост се определяха по познати формули.

## ИЗВОДИ

1. Магнитните фази в изследвания продукт притежават хистерезисни свойства, подобни на естествените и изкуствените магнетити и могат да се обогатяват в слаби магнитни полета.
2. Коерцитивната сила на изследваните магнитни фази ( $H = 2,5 \text{ kA/m}$ ) е по-близка до магнетита ( $H = 3,2 \text{ kA/m}$ ), отколкото до магхемита ( $H = 9,2 \text{ kA/m}$ ).
3. Остатъчната интензивност на намагнитване на изследваните магнитни фази ( $J = 3 \text{ kA/m}$ ) е седем пъти по-ниска от тази на магнетита ( $J = 20 \text{ kA/m}$ ) и четиринадесет пъти по-ниска от тази на магхемита ( $J = 42 \text{ kA/m}$ ).
4. Интензивността на намагнитване при насищане на експериментирания магнитни фази е  $J = 36 \text{ kA/m}$  и е 5,4 пъти по-ниска от тази на естествения магнетит ( $J = 196 \text{ kA/m}$ ) и 3,3 пъти по-ниска от тази на магхемита ( $J = 120 \text{ kA/m}$ ).
5. Магнитната възприемчивост на изследваните фази е 5,5 пъти по-ниска от магнетита и 3,9 пъти по-ниска от магхемита.

Таблица 3. Данни за хистерезиса и магнитната възприемчивост на магнитните фази в пробата

Следователно изследваните магнитни фази могат да се характеризират, като ниско коерцитивни, слабо флокулиращи се и лесно размагнитващи се. Тези магнитни свойства благоприятстват технологията на магнитната сепарация за получаване на чисти концентрати.

По-ниската магнитна възприемчивост и интензивност на намагнитване вероятно се дължи на силиция, включен в кристалната решетка на магнитните фази. По-ниските магнитни свойства, при мокра магнитна сепарация ще се отразят на извличането и ще изискват магнитни полета с повишена интензивност или доближаване на магнитните частици до магнитните полюси за да се задържат.

При лабораторни опити за суспензионно обогатяване на енергетични въглища от ЦОФ "Перник", с новия утежнител бе установено, че разделителна плътност от  $1800 \text{ kg/m}^3$  се получава при 29 обемни процента на утежнителя, което е в нормите (25 – 30 обемни процента).

Регенерацията на утежнителя, чрез магнитна сепарация не изисква размагнитване, което облекчава технологията и се стабилизира суспензионната плътност.

В момента се разработват промишлени модели на сепаратор и предстоят изпитания на технологията на обогатяване в промишлени условия.

## ЛИТЕРАТУРА

- Кармазин, В.В., Кармазин, В.И., Бинкевич, В.А. 1968. Магнитная регенерация и сепарация, при обогащении руд и углей. *Недра*, М.
- Ковачев, К., Клисуранов, Г. 1987. Обогащение на полезных ископаемых. *Техника*.
- Ломовцев, А.Л., Нестерова, Н.А., Дробченко, Л.А. 1979. Магнитное обогащение сильно магнитных руд. *Недра*, М.
- Циперович, М.В. 1953. Обогащение углей в тяжелых средах. *Металургиздат*, М.
- Бедрань, Н.Г. 1988. Обогащение углей. *Недра*, М.

*Препоръчана за публикуване от  
катедра "Минерални технологии" на МТФ*

## NEW FERRO-MAGNETIC HEAVY MEDIA FOR SUSPENSIONAL DRESSING OF COALS

Georgy Klisuranov, Reneta Klisuranova, Raycho Donchev

University of Mining and Geology  
"St. Ivan Rilski"  
Department of Mineral Processing  
1700 Sofia, Bulgaria

### ABSTRACT

There is offered a new heavy media, like substitute of magnetite. There are shown grain-size and magnetic characteristics of new ferro-magnetic heavy media. The priorities of heavy media are proved. It is cheap, with suitable grain-size; high content of magnetic fractions, low residual and it is easy to downward magnetization. It is established that containing under 60% iron, it can make divided density of the suspension 1800 kg/m<sup>3</sup>, by bulk content of ferro-magnetic oxides under 30%.

Traditional ferro-magnetic heavy media for suspensional dressing of coals is magnetite. In Bulgaria for dressing coals from Central Dressing Factory "Pernik" and Central Dressing factory "Bobov dol" for a long time was using ferro concentrate from Dressing Factory "Martinovo". After closing that factory, coal-dressing factories in Pernik and Bobov dol have serious problems, because of lack of magnetite's heavy media. The schemes of regeneration for both gravitational factories use magnetic separation and can't use non-magnetic heavy media (for example baryte).

Using of foreign magnetite's concentrates for heavy media is making problems and uncertainty with supplying of production and heavy media is becoming more expensive. We import ferro-magnetic heavy media from Ukraine and Macedonia. Some of them are nonstandard by size of grains and need to be grinded. That makes difficult additionally factories, because demand construction of installation for grinding, classification and compressing of heavy media till suitable density for suspension.

The problem of supplying our factories, which are dressing energetic coals in heavy suspensions, with suitable heavy media – Bulgarian production is very topical and urgent.

In laboratory for magnetic methods in University of Mining and Geology were made trials of ferro-magnetic heavy media, imported from Ukraine and Macedonia and were compared with new ferro-magnetic heavy media, produced from the scrap of Bulgarian dressing factory. Ferro-magnetic concentrate was separated from the scrap with original magnetic separator (patent application № 104941/3.11.2000), which makes suitable magnetic fields with definite intensity ( $H = 55 \text{ kA/m}$ ), succession and duration of the impulses.

The scheme of dressing included one basic and one refining technological operations, with desliming of magnetic concentrate, which is quickly getting compressed, by sedimenting till 75 – 80% hard. A part of the concentrate was drown and was divided by classes. It was defined by density, containing of commonly iron and was researched for magnetic hysteresis characteristics of heavy media. The last part of the suspension was standardizing by density and was used for suspensional separation of energetic coals. In table 1 and 2 are shown

characteristics of the grain-size, composition and density of suggested and already used heavy medias.

If we compare data of tables 1 and 2 for different heavy medias we will establish, that the sample of Macedonian coarse - grained concentrate doesn't reply on requirements for grain-sizes, because content of class + 150  $\mu\text{m}$  is over 10%, and weight of class + 1 mm, without extra grinding range from 6 to 16% and contain 81% magnetic fractions. The high content of magnetic fractions in the class – 1 + 0,16 mm (till 94 – 95%) can be used, but it need to be extra grinded, about the standard of coarse (under 0,15 mm). The class – 0,16 mm contains 90% magnetic fractions. After extra grinding of the sample, the average content of magnetic fractions is becoming about 92%, so it is replying of the requirement to be over 86%.

The content of magnetic and commonly iron is the highest in Ukrainian magnetite's concentrate, which has the highest density too. The problem is that Central Dressing factory "Pernik" use only 3000 t concentrate for an year, and Ukraina is not interested in deals for quantity less than 15000 – 20000 t and is making deals only with serious consumers.

For using of coarse-grained concentrate, coal-dressing factory need to have grinders, classifiers and magnetic deslimators, that confuses the scheme of the factory.

The researched sample about magnetic heavy media is fine-grained and has high contents of magnetic fractions, for average content of commonly iron and acceptable density. It does not require extra grinding.

A part of researched product was separated, drown and was subjected to magnetic researches.

Table 1. Characteristic of grain-size of concentrates, used for heavy medias in Central Dressing factory "Pernik"

Hysteresis properties were researched by method of Ghue. It was measured variation of magnetic force of drawing long rode-like body from the sample, formed in long glasses test-tube, hanged so it as one end hang in solenoidal, controlled for intensity magnetic field. In the area of hanging, intensity of field is equal to zero.

The magnetic force was valuated, by measuring variation of the mass of rode-like body, which contains ferro-magnetic phases, under influence of intensity of gradiented magnetic field.

The intensity of magnetization of the sample and it magnetic susceptibility were definited by known formulas.

#### CONCLUSIONS

6. Magnetic phases in researched product possess hysteresis properties, similar to natural and unnatural magnetite and they can be dressed in weak magnetic fields.
7. The resistance force of the researched magnetic phases ( $H = 2,5 \text{ kA/m}$ ) is closer to magnetite ( $H = 3,2 \text{ kA/m}$ ), than to magnetic hematite ( $H = 9,2 \text{ kA/m}$ ).
8. The residual intensity of magnetization of researched magnetic phases ( $J = 3 \text{ kA/m}$ ) is seven times lower than this of magnetite ( $J = 20 \text{ kA/m}$ ) and fourteen times lower than this of magnetic hematite ( $J = 42 \text{ kA/m}$ ).
9. The intensity of magnetization by saturation of experimented magnetic phases is  $J = 36 \text{ kA/m}$  and it is 5,4 times lower than this of natural magnetite ( $J = 196 \text{ kA/m}$ ) and 3,3 times lower than this of magnetic hematite ( $J = 120 \text{ kA/m}$ ).
10. The magnetic susceptibility of researched phases is 5,5 times lower than magnetite and 3,9 times lower than magnetic hematite.

Table 3. Data for hysteresis and magnetic susceptibility of magnetic phases in the sample

Table 2. Phase, chemical composition and density of heavy medias

Consequently researched magnetic phases can be characterized like low residual, weakly flocculated and easy lose of magnetization. This magnetic properties favour technology of magnetic separation for receiving of pure concentrates.

Lower magnetic susceptibility and intensity of magnetization probably are obliged to silicon, included in crystal lattice of magnetic phases. Lower magnetic properties in wet magnetic separation will reflect on the recovering and it will require magnetic fields with higher intensity or closing of magnetic particles to magnetic poles to be holder there.

In laboratorial attempts for suspensional dressing of energetic coals from Central Dressing factory "Pernik", with new heavy media was established, that dividing density of 1800 kg/m<sup>3</sup> is received at 29 volumetric per cents of heavy media, which is in rates (25 – 30 volumetric per cents).

The regeneration of heavy media, by magnetic separation doesn't require downward magnetization. That lightens technology and suspensional density become stable.

At the moment we develop industrial models of separator. Then we are going to test technology of dressing in industrial conditions.

#### BIBLIOGRAPHY

- Кармазин, В.В., Кармазин, В.И., Бинкевич, В.А. 1968. Магнитная регенерация и сепарация, при обогащение руд и углей. *Недра*, М.
- Kovachev, K., Klisuranov, G. 1987. Mineral processing. *Техника*.
- Ломовцев, А.Л., Нестерова, Н.А., Дробченко, Л.А. 1979. Магнитное обогащение сильно магнитных руд. *Недра*. М.
- Циперович, М.В. 1953. Обогащение углей в тяжелых средах. *Металургиздат*, М.
- Бедрань, Н.Г. 1988. Обогащение углей. *Недра*, М.

*Recommended for publication by Department  
of Mineral Processing, Faculty of Mining Technology*