

УДК 622.27

**Е.А. Ермолович, А.А. Филенко**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАКЛАДОЧНОЙ ПУЛЬПЫ**

*Приведены результаты влияния тонкодисперсной фракции на предельное напряжение сдвига закладочной пульпы.*

*Ключевые слова: отходы обогащения мокрой магнитной сепарации, гидрозакладка выработанного пространства, закладочная пульпа, предельное напряжение сдвига.*

---

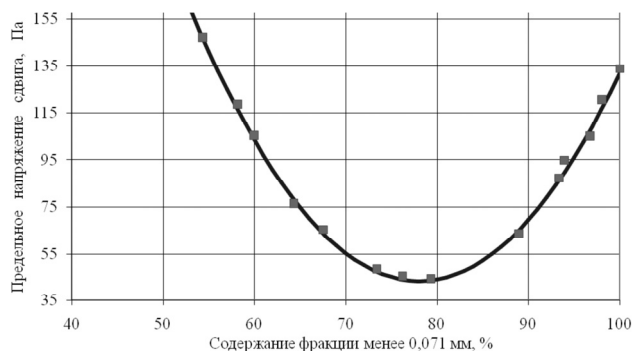
Одним из актуальных направлений совершенствования горного производства является широкое внедрение систем разработки месторождений полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства. Использование для гидрозакладки отходов обогащения мокрой магнитной сепарации при разработке месторождений железистых кварцитов приводит к удешевлению и повышению эффективности закладочных работ, а также позволяет свести до минимума объемы хвостохранилищ. Выбор способа транспортирования закладочного материала во многом определяется реологическими свойствами гидросмеси, ограничивающими дальность их транспортирования самотеком.

Одним из физико-механических свойств, определяющих поведение закладочной пульпы при различных физических явлениях, в том числе, и при перекачке их по трубам, является предельное напряжение сдвига. Важность правильного определения реологических свойств гидросмесей имеет значение не только для расчета гидротранспорта, но актуально и на стадии проектирования сгустителей. Функционирование и показатели ра-

боты сгустителя главным образом зависят от системы разгрузки. Другие параметры работы, такие как добавление флокулянта могут быть отрегулированы со временем, но блокировка системы разгрузки останавливает работу сгустителя немедленно.

Ключевым параметром управления системой разгрузки является крутящий момент граблин, механизм которых перемещает сгущенный материал к разгрузочному порту. Граблина сгустителя работает как гигантский вискозиметр. Момент граблины пропорционален глубине постели и предельному напряжению сдвига пульпы. Все остальные переменные управления относительно потока разгрузки пескового продукта задаются от этого параметра. Установочные параметры обычно выставляются во время пуско-наладочных работ и позволяют установить требуемую скорость разгрузки сгустителя и обеспечить защиту от перегрузки граблин сгустителя. Скорость насосов разгрузки сгустителя зависит от плотности и предельного напряжения сдвига пульпы. Контролируемым параметром является предельное напряжение сдвига. Необоснованные данные по реологии могут повлечь за собой роковые

№	Содержание твердого, % по массе	Предельное напряжение сдвига, Па.
1	76,84	201,8
2	76,62	180,9
3	76,52	163,3
4	75,61	143,1
5	74,85	132,8
6	74,71	112,2
7	73,70	109,9
8	68,40	101,5
9	63,20	89,6
10	61,00	71,2
11	50,00	68,0



**График зависимости предельного напряжения сдвига гидросмеси отходов обогащения от содержания в них фракции менее  $71 \cdot 10^{-6}$  м**

ошибки в расчете крутящего момента граблин и, как следствие, получение плотности сгущенного продукта значительно отличающейся от проектного.

Как правило, предпроектные измерения реологических свойств закладочной пульпы ограничиваются их измерениями для смесей различной плотности. Как показали наши исследования, выполненные на закладочном материале шахты им. Губкина ОАО «Комбинат КМАруда», этого далеко недостаточно для выбора оптимальной степени его сгущения из-за неоднозначности результатов измерений.

В таблице приведены результаты определения предельного напряжения сдвига закладочной пульпы различной плотности для шахты им. Губкина немецкой фирмой «ENGINEERING DOBER-SEK GmbH» на электронном вискозиметре Bohlin V88. Согласно этим данным каждому значению плотности пульпы соответствует одно значение предельного напряжения сдвига. Согласно нашим исследованиям большое влияние на реологические свойства закладочной пульпы оказывает содержание в ней тонкодисперсной фракции, заключающееся в том, что при одинаковой плотности смеси наблюдается большой разброс в соответствующих значениях предельного напряжения сдвига в зависимости от содержания тонких фракций. Предельное напряжение сдвига определялось на ротационном вискозиметре «Реотест-2» для пульпы с содержанием твердого 70 %.

Аппроксимацией полученных лабораторных исследований определена зависимость предельного напряжения сдвига 70%-ной гидросмеси отходов обогащения от содержания в них фракции менее  $71 \cdot 10^{-6}$  м (рис.), которая имеет вид:  

$$\tau = 0,184C^2 - 28,732C + 1164,880.$$
 где  $\tau$  – предельное напряжение сдвига гидросмеси отходов обогащения, Па;  $C$  – содержание фракции менее  $71 \cdot 10^{-6}$  м, % по массе. Достоверность аппроксимации  $R^2=0,965$ .

Способ измерения предельного напряжения сдвига закладочной пульпы был всегда основным поводом для дебатов, в особенности потому, что различные типы и бренды электронных вискозиметров давали результаты, которые значительно отличались друг от друга. Возможно, наши исследования и полученные в них ре-

зультаты в какой-то мере объясняют существенные расхождения в измерении реологических параметров, выполненные разными исследователями.

Работа выполнена с использованием оборудования Центра коллективного пользования научным оборудованием БелГУ «Диагностика структуры и свойств наноматериалов». **ПЛАБ**

## **КОРОТКО ОБ АВТОРАХ**

---

*Ермолович Елена Ахмедовна* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры инженерной геологии и гидрогеологии Белгородского государственного университета, директор ООО «Наука», e-mail: elena.ermolovich@mail.ru  
*Филенко Александр Александрович* – Белгородский государственный университет, e-mail: sashafilenko@yandex.ru



---

**РУКОПИСИ,  
ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

**ОЦЕНКА УДЕЛЬНЫХ ПЛОТНОСТЕЙ ЭНЕРГИИ И ПАРАМЕТРОВ  
ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ИМПУЛЬСНОГО  
МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ОБЪЕМЕ ФЕРРОМАГНИТНОГО  
ГЕТЕРОГЕННОГО МАТЕРИАЛА** (845/11-11 от 02.09.11) 6 с.

*Анисимов В.Н., Логачёв И.И.* Московский государственный горный университет.  
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

*Выполнен цикл расчетов индукции магнитного поля для витков различного радиуса, погруженных в ферромагнитный гетерогенный материал ( $\mu=10$ ).*

*Ключевые слова: импульсное магнитное поле, ферромагнитный гетерогенный материал, индукция.*

**Anisimov V.N. Logachev I.I. ESTIMATION OF SPECIFIC ENERGY DENSITY AND  
SPATIAL DISTRIBUTION PARAMETERS OF A PULSED MAGNETIC FIELD IN  
VOLUME OF A FERROMAGNETIC HETEROGENEOUS MATERIAL.**

*Calculations cycle of a magnetic field induction for the coils of various radius submerged in a ferromagnetic heterogeneous material ( $\mu = 10$ ) has done.*

*Key words: pulsed magnetic field, ferromagnetic heterogeneous material, induction.*