

В.Я. КОРОЛЕВ, Н.Н. РУЛЕВ, О.В. КРАВЧЕНКО

(Украина, Киев, Институт биокolloидной химии им. Ф.Д. Овчаренко НАН Украины),

В.В. ЛУКЬЯНОВА

(Украина, Киев Университет экономики и права "КРОК")

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ ФЛОКУЛЯРНОЙ ОБРАБОТКИ КОНЦЕНТРАТА ФЛОТАЦИОННОГО УГЛЕБОГАЩЕНИЯ ПЕРЕД ЕГО ОБЕЗВОЖИВАНИЕМ НА СЕТЧАТОМ ВАКУУМНОМ ФИЛЬТРЕ

Введение

Эффективное использование высокомолекулярных водорастворимых полимеров (флокулянтов) в процессе обезвоживания продуктов углебогащения невозможно без оптимизации гидродинамического режима обработки флокулируемой суспензии. Теоретические и экспериментальные исследования в этой области, проведенные в последние два десятилетия [1, 2], показали, что правильный выбор гидродинамического режима обработки суспензий позволяет существенно снизить расход флокулянта, а также улучшить ее фильтрационные свойства. В настоящее время успешно развивается новое направление в обработке суспензий, получившее название "ультрафлокуляция" (УФК) [3-5]. Основное отличие УФК от обычной флокуляции состоит в том, что при УФК используются в 5-30 раз более неоднородные гидродинамические поля, чем при обычной флокуляции, что соответствует градиентам скорости среды $G=1000-3000 \text{ с}^{-1}$. Такой режим гидродинамической обработки позволяет за короткое время (5-7 с) не только осуществить равномерное распределение молекул высокомолекулярного флокулянта по объему суспензии и на поверхности флокулируемых частиц, но и сформировать большие и, что очень важно, плотные флокулы. Последнее, как известно, обеспечивает большую скорость водоотдачи сфлокулированной суспензии при фильтровании. Использование ультрафлокуляции особенно эффективно при обработке относительно концентрированных суспензий высокомолекулярными флокулянтами, т. к. помимо указанных преимуществ она позволяет существенно увеличить качество осветленной воды и использовать концентрированные растворы флокулянта без их предварительного разбавления.

Цель данного исследования состояла в том, чтобы на примере конкретного угольного флотоконцентрата установить в какой степени ультрафлокулярная обработка влияет на его фильтрационные свойства в процессе обезвоживания на сетчатом вакуумном фильтре. Объектом исследования служил обводненный угольный флотоконцентрат (158 г/л, -35 мкм), образующийся на ЦОФ "Киевская" шахты им. А.Ф. Засядько (г. Донецк).

Объект и методы исследования

Флокуляцию обводненного угольного флотоконцентрата осуществляли с

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

помощью проточного цилиндрического флокулятора Куэтта [4]. Время обработки суспензии во флокуляторе составляло 6 секунд. Путем изменения скорости вращения ротора флокулятора осредненный градиент скорости среды можно было изменять от 0 до 9000 с^{-1} . Качество процесса флокуляции (относительный размер флоккул) определяли по методу Грегори и Нелсона [6] с помощью оригинального прибора "УльтрафлокТестер-2007", разработанного фирмой "Турбофлотсервис".

В качестве флокулянтов использовались продукты типа: "Магнафлок" производств фирмы "Сибя" и "Флопан" производство фирмы "SNF".

Вакуумную фильтрацию образца, отбираемого с выхода флокулятора, проводили с использованием дискового вакуумного минифильтра (см. рис. 1), в качестве которого служил вертикально ориентированный полый диск с выходом в нижней части. Площадь фильтрующего окна составляла $28,3 \text{ см}^2$. В качестве фильтрующего элемента использовалась ПВХ-сетка: нить – 0,1 мм; ячейки – $0,23 \times 0,067 \text{ мм}$. Время набора осадка составляло 7 секунд, время сушки – 15 секунд. Кек взвешивался и тестировался на содержание влаги с помощью влагомера "ADS200".

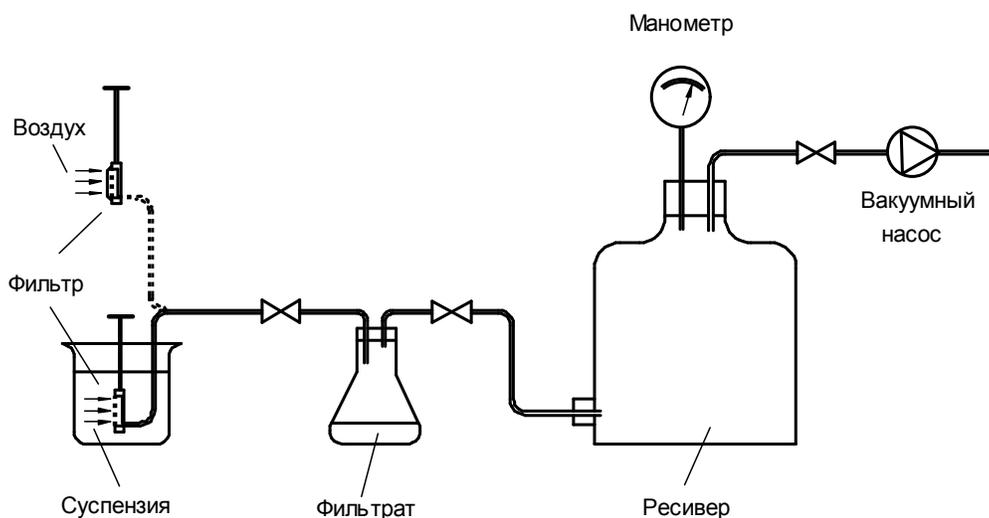


Рис. 1. Схема установки для проведения фильтр-тестов угольного флококонцентрата после его обработки в ультрафлокуляторе

Производительность промышленного дискового фильтра, используемого на ЦОФ "Киевская", оценивали по данным лабораторных исследований с помощью формулы:

$$P = \frac{m}{T} S \quad (1)$$

где m – нагрузка на сетку по сухому твердому осадку (т/м^2 за один цикл); T – длительность одного цикла (час); S – суммарная фильтрующая поверхность агрегата (160 м^2).

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Результаты и их обсуждение

С помощью прибора "УльтрафлокТестер-2007" было установлено, что оптимальный режим гидродинамической обработки флотоконцентрата, обеспечивающий наилучшее распределение флокулянта в суспензии и наиболее полное связывание частиц в плотные и прочные флокулы, достигается при времени обработки суспензии в ультрафлокуляторе в течение 6 секунд при градиенте скорости среды в диапазоне $1300-1400 \text{ с}^{-1}$. В этой связи, тестирование флокулянтов проводилось при значении градиента скорости среды, равном 1400 с^{-1} .

На рис. 2 приведены зависимости относительного размера флокул угольного флотоконцентрата от расхода флокулянтов различного типа. Из представленных данных видно, что наиболее крупные (и, следовательно, прочные) флокулы формируются при использовании флокулянтов "Магнафлок 525 и 5250".

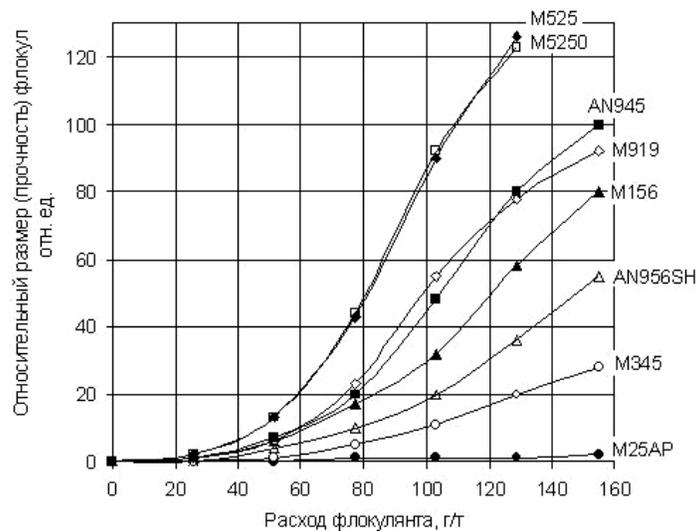


Рис. 2. Зависимость прочности флокул угольного флотоконцентрата от типа и концентрации флокулянта:
концентрация твердого в питании – 158 г/л;
время гидродинамической обработки – 6 с;
градиент скорости среды – 1400 с^{-1} ;
M... – Магнафлок; AN... – Флопан

Зависимость остаточной концентрации твердого в фильтрате лабораторного вакуумного минифильтра от расхода флокулянта представлена на рис. 3. Из представленных данных следует, что при использовании ультрафлокулярной обработки (6 с , 1400 с^{-1}), "Магнафлок 525" дает более низкие значения проскока, чем "Флопан AN945". Для сравнения на рис. 3 представлена также зависимость проскока от расхода "Магнафлок 525", полученная при обычной гидродинамической обработке (6 с , 300 с^{-1}). Из представленных данных видно, что при оптимальном расходе флокулянта ($40-50 \text{ г/т}$), ультрафлокуляция снижает величину проскока на 30%, или при том же проскоке снижает расход флокулянта на 20%. Учитывая тот факт, что с увеличением периода вращения фильтра T величина проскока снижается в \sqrt{T} раз, можно утверждать, что при

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

уменьшении скорости вращения фильтра до 1 цикла в минуту, прокок твердого в фильтрат (при расходе флокулянта "Магнафлок 525" равном 40-50 г/т) можно снизить до 2-2,8 г/л.

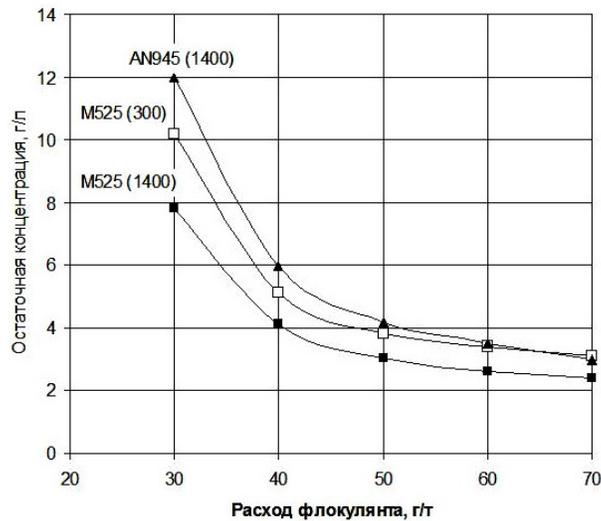


Рис. 3. Зависимость остаточной концентрации твердого в фильтрате от концентрации флокулянта при различных режимах гидродинамической обработки:

градиент скорости среды 300 с⁻¹ и 1400 с⁻¹;

концентрация твердого в питании 158 г/л.

Условия фильтрации: набор осадка – 7 с;
сушка – 15 с (2 цикла в минуту); вакуум – 0,45 атм;

М... – Магнафлок; AN... – Флопан

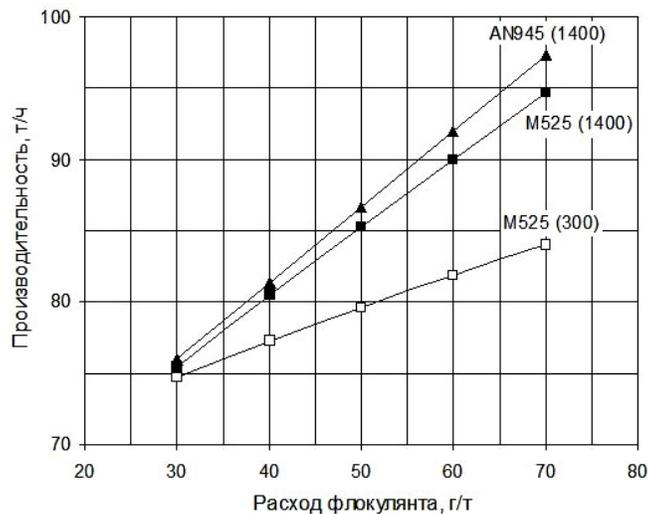


Рис. 4. Зависимость производительности вакуумного фильтра от расхода флокулянта и интенсивности гидродинамической обработки;

градиент скорости среды 300 с⁻¹ и 1400 с⁻¹;

концентрация твердого в питании – 158 г/л.

Условия фильтрации: набор осадка – 7 с;
сушка – 15 с (2 цикла в минуту);
вакуум – 0,45 атм; М... – Магнафлок; AN... – Флопан

Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство

Учитывая площадь вакуумного минифильтра ($28,3 \text{ см}^2$), на основании данных относительно веса и влажности кека, по формуле (1) были рассчитаны значения производительности промышленного фильтра с площадью фильтрации 160 м^2 , которые представлены на рис. 4. Из рисунка видно, что расход флокулянта "Магнафлок 525" в диапазоне 40-50 г/т дает на 1-2% значения производительности ниже, чем "Флопан AN945". Вместе с тем, гидродинамическая обработка дает прирост производительности на 8% или при той же производительности – снижение расхода флокулянта до 20%.

Учитывая, что с увеличением периода вращения фильтра (T) его производительность снижается в \sqrt{T} раз, можно утверждать, что при уменьшении скорости вращения фильтра до 1 цикла в минуту, производительность фильтра (при расходе флокулянта "Магнафлок 525" равном 40-50 г/т) будет составлять 56-60 т/ч, но при этом проскок твердого в фильтрат составит всего 2-2,8 г/л.

Зависимости влажности кека от расхода флокулянтов представлены на рис. 5, откуда видно, что "Магнафлок 525" дает на 0,7-0,8% более влажный кек, чем "Флопан AN945". Кроме того, влажность кека растет как и при увеличении расхода флокулянта, так и при увеличении градиента скорости среды.

Таким образом, можно утверждать, что чем лучше распределен флокулянт и чем эффективнее сформированы флокулы, тем выше остаточная влажность кека, что является своеобразной платой за увеличение производительности фильтра и снижение проскока твердого в фильтрат.

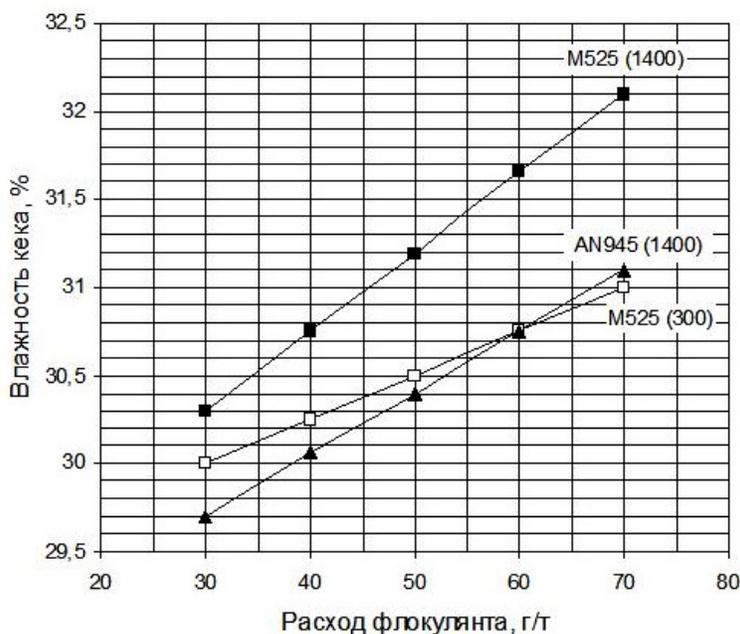


Рис. 5. Зависимость влажности кека от расхода флокулянта и интенсивности гидродинамической обработки: градиент скорости среды 300 с^{-1} и 1400 с^{-1} ; концентрация твердого в питании 158 г/л. Условия фильтрации: набор осадка – 7 с; сушка – 15 с (2 цикла в минуту), вакуум – 0,45 атм; М... – Магнафлок, AN... – Флопан

Выводы

На основании приведенных данных можно заключить нижеследующее:

1. Оптимальные условия гидродинамической обработки угольного флото-концентрата в процессе флокуляции составляют: 6 секунд при градиенте скорости среды 1400 с^{-1} .
2. Использование оптимальных условий флокуляционной обработки позволяет:
 - увеличить производительность фильтра до 8%, или, при той же производительности, снизить расход флокулянта на 20%;
 - снизить величину проскока твердого в фильтрат на 30% (до 2-3 г/л), или при том же проскоке уменьшить расход флокулянта на 20%.

Список литературы

1. **Rulyov N.N.** Application of ultra-flocculation and turbulent micro-flotation to the removal of fine contaminants from water // *Colloids & Surfaces A.* – 1999. – V.151. – P 283-291.
2. **Rulyov N.N.** Hydrodynamic destruction of waste emulsions in the process of their separation through ultra-flocculation and micro-flotation // *Colloids & Surfaces A.* – 1999. – V.152. – P. 11-15.
3. **Rulyov N.N.** Ultra-flocculation: Theory, Experiment, Applications // In book "Particle Size Enlargement in Mineral Processing". – Montreal (Canada), 2004. – P. 197-214.
4. **Rulyov N.N., Dontsova T.A., Korolyov V.Ja.** Ultra-flocculation of diluted fine disperse suspensions // *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review.* – 2005. – V. 26. – № 3-4. – P. 203-217.
5. **Rulyov N.N., Korolyov B.Y., Kovalchuk N.M.** Application of the ultra-flocculation for improvements of fine coal concentrate dewatering // *Coal Preparation.* – 2006. – V.26. – P. 17-32.
6. **Gregory J., Nelson D.W.** A new method for flocculation monitoring in Solid-Liquid Separation, – Ellis Horwood: Chichester, 1984. – P. 172-182

© Королев В.Я., Рулев Н.Н., Кравченко О.В., Лукьянова В.В., 2010

*Надійшла до редколегії 25.03.2010 р.
Рекомендовано до публікації д.т.н. О.Д. Полуляхом*