

фосфогипса для изготовления вяжущих матери-алов, а складирование его в отвалах наносит значительный вред окружающей среде.

В Республике Беларусь отсутствуют природные источники редкоземельного сырья, в связи с чем одним из основных источ-ников РЗЭ может стать фосфогипс.

Однако сведения о возможности извлечения РЗЭ из фосфогипса крайне ограничены и носят отрывочный характер. Дальнейшее развитие исследований в этой области возможно только при нали-чии достоверных данных о физико-химических свойствах соеди-нений РЗЭ, что необходимо, прежде всего, для решения одной из важнейших задач неорганической химии - разработки методов целе-направленного синтеза индивидуальных соединений с заданным химическим составом (содержанием основного вещества).

Среди синтезированных и нашедших в настоящее время широкое практическое применение соединений РЗЭ особый интерес представляют соединения лантана, церия и неодима, на долю кото-рых приходится около 90 % общего объема производства редких земель. Практически все указанные соединения благодаря своим уникальным физико-химическим свойствам нашли широкое приме-нение в электронной, электротехнической отраслях промышлен-ности, в металлургии и энергетике.

Нами проведены исследования по изучению состава и распреде-ления соединений РЗЭ (лантана, церия и неодима) в фосфогипсе, определены условия их извлечения, установлены основные термодинамические характеристики индивидуальных фторидов, гидроксидов, фосфатов лантана, церия и неодима, процессов их синтеза из нитратов, проведены исследования по экстракционному извлечению соединений РЗЭ из азотнокислых растворов, что позво-лило предложить принципиальную схему получения концентрата РЗЭ из фосфогипса.

УДК 658.788.4

ФРАКТАЛЬНОЕ ОПИСАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ КОМБИНИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ УПАКОВКИ

Коротыш Е. А.

Белорусский национальный технический университет

Для исследования структурных свойств многослойного комбинированного упаковочного материала были выбраны пакеты пор-

пак производителя РОСПАК. Выполнение эксперимента проводилось на базе лаборатории БГТУ, кафедры биотехнологии. В самом начале эксперимента была необходимость получить образцы многослойного комбинированного материала необходимого, допустимого размера. Были получены образцы из пакетов пюр-пак: пакет молока 1,5%, пакет молока 2,8%, пакет молока 3,8%.

После этого целью было получить микропрофили из подготовленных образцов. Таким образом, с помощью микроскопа Альтами БИО 2Т, проводилась исследование с фиксированием полученного результата. Далее проводилась их оцифровка с помощью мультимедийных приложений: вначале применялся метод трассировки в программе Adobe Illustrator, после этого изображения корректировались в программе Adobe Photoshop [1].

Следующий этап заключался в построении графиков профилограмм в программе Microsoft Excel. Построение проводилось с помощью данных полученных в программе GetData Graph Digitizer [1].

Заключительным этапом проводилась обработка полученных данных, расчет основных параметров фрактальной размерности и изучение влияния фрактальной поверхности многослойного комбинированного материала на качество выполнения печати [1].

Снятие микропрофилей образцов многослойного комбинированного материала. Экспериментальное исследование микрогеометрии поверхности многослойного проводилось на 3 образцах многослойного материала, предназначенных для упаковки молока. С помощью микроскопа с увеличением 4×16 было получено 12 микропрофилей образцов (рис.1).



а) пакет молока 1,5% б) пакет молока 2,8% в) пакет молока 3,8 %

Рис. 1. Образцы запечатанного материала

Микропрофили образцов запечатанной многослойного материала для полученные после обработки в программе Adobe Photoshop, представлены на (рис. 2 - 4).

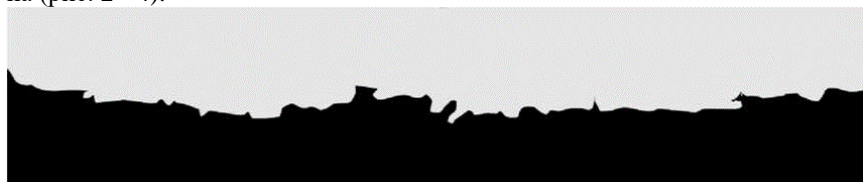


Рисунок 2 - Образец запечатанного материала упаковки пюр-пак для молока 1,5%.
После обработки



Рисунок 3 - Образец запечатанного материала упаковки пюр-пак для молока 2,8%.
После обработки



Рисунок 4 - Образец запечатанного материала упаковки пюр-пак для молока 3,8%.
После обработки

После получения всех обработанных образцов материала при помощи программы GetData Graph Digitizer. При его обработке получены данные, используемые для построения профилограммы (рис. 5).



а) пакет молока 1,5%

б) пакет молока 2,8%

в) пакет молока 3,8%

Рис. 5. Микропрофили образцов запечатанного материала для молока, после обработки в программе GetData Graph Digitizer

Микрогеометрия поверхности материала, необходимая для дальнейшей работы представлена на предыдущих рисунках. Для математического описания нам необходимы координаты точек рельефа, которые расположены вдоль прямой линии через одинаковые промежутки.

После получения оцифрованных микропрофилей, данные были загружены Microsoft Excel и на основании данных полученных в GetData Graph Digitizer были построены профилограммы всех образцов.

Профилограммы для многослойного комбинированного упаковочного материала представлены на рис. 6-8.



Рис. 6. Профилограмма образца многослойного материала для молока 1,5%



Рис. 7. Профилограмма образца многослойного материала для молока 2,8%



Рис. 8. Профилограмма образца многослойного материала для молока 3,8%

Процедура оцифровывания профилограмм основывается на определенных положениях теории фракталов, а именно, одном из определений показателя фрактальной размерности [1]:

$$N = \left(\frac{R}{r_0} \right)^{D_{\text{пр}}}, \quad (1)$$

где N - количество шагов по профилограмме; R - длина базовой линии; r_0 - масштаб или шаг; $D_{\text{пр}}$ - показатель фрактальной размерности профиля.

Фактически процедура оцифровывания проводилась следующим образом. Участок профилограммы длиной R измеряли в единицах масштаба r_0 по прямой и по профилю, последовательно увеличивая масштаб r_0 . В результате получали табличную зависимость количества шагов по профилю N от количества шагов по прямой R/r_0 [1].

Очевидно, отношение R/r_0 - это число шагов по прямой, при этом для гладкой поверхности профилограмма близка к прямой и N практически совпадает с R/r_0 .

Для вычисления фрактальной размерности $D_{\text{пр}}$ исследуемый участок профилограммы «проходится» с десятью значениями шага, что аналогично измерению длины контура с помощью циркуля с расстоянием, равным шагу. Для каждого случая рассчитывается длина профилограммы в шагах N_i .

В соответствии с формулой (1) между $\ln(R/r_0)$ и $\ln(N)$ должна быть линейная зависимость, коэффициент которой и будет искомой величиной $D_{\text{пр}}$. Близость зависимости $\ln(N)$ от $\ln(R/r_0)$ к прямой подтверждает фрактальный

характер исследуемой микроструктуры. Значение фрактальной размерности определяется по методу наименьших квадратов [2].

Прологарифмируем выражение (1) для вычисления $D_{пр}$:

$$D_{пр} = \frac{\ln N}{\ln(R/r_0)}, \quad (2)$$

В результате расчета получены значения фрактальной размерности структуры многослойного материала: для запечатанного пакета молока 1,5% фрактальная размерность микропрофиля образца, $D_{пр}=1,16979$, а фрактальная размерность структуры, $D=2,16979$, для запечатанного пакета молока 2,8% фрактальная размерность микропрофиля образца, $D_{пр}=1,01379$, а фрактальная размерность структуры, $D=2,01379$, для запечатанного пакета молока 3,8% фрактальная размерность микропрофиля образца, $D_{пр}=1,01903$, а фрактальная размерность структуры, $D=2,01903$.

Свойства поверхности многослойного материала имеют большое практическое значение и во многом определяют возможность воспроизведения тех или иных изображений. По величинам фрактальных размерностей микроструктуры поверхности многослойного упаковочного материала на лицевой стороне в запечатанном виде можно прогнозировать поведение многослойного материала в процессе печатания и оценить влияние структуры материала на его свойства, что важно для упаковки.

Литература

1. Грудо, С. К. Исследование характера изменения фрактальной структуры пленочных материалов для упаковки / С. К. Грудо, А. Н. Кудряшова // Труды БГТУ. Сер. 4, Принт- и медиатехнологии. - Минск : БГТУ, 2019. - № 1 (219). - С. 11-16.

2. Кулак М. И., Боброва О. П., Пиотух И. Г. Взаимосвязь параметров структуры бумаги и давления печатного контакта // Труды БГТУ: Физико - математические науки и информатика. 2000. Вып. 8. С. 82-92.

УДК 539.3.01

ФРАКТАЛЬНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ КАК ХАРАКТЕРИСТИКА ПОВЕРХНОСТНО-ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ МНОГОСЛОЙНОГО МАТЕРИАЛА

Кузьмич В.В., Коротыш Е.А., Медяк Д.М., Остапенко И.В.
Белорусский национальный технический университет