

А.Н. КОРЧЕВСКИЙ, ст. преп.,
(Украина, Донецк, Донецкий национальный технический университет)

ВЛИЯНИЕ РАЗРЫХЛЕННОСТИ СЛОЯ МАТЕРИАЛА НА ПОКАЗАТЕЛИ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ СЕПАРАЦИИ ЛОМА ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. В научно-технической литературе приводятся цифры, которые свидетельствуют о том, что масштабы производства цветных металлов не совпадают с их распространенностью в природе. Содержание ценных минералов цветных металлов в первичных рудах постоянно снижается, для новых разработок требуются значительные капитальные и эксплуатационные затраты. В связи с этим особое значение приобретает отрасль, выполняющая сбор, обработку и обогащение вторичного сырья, которое представлено отходами производства и потребления, - вторичная металлургия цветных металлов. В настоящее время доля металлов, полученных при переработке вторичного сырья, составляет около 30% в общем объеме производства алюминия, меди, цинка, олова и свинца [1].

Составляющие таких отходов имеют различия в свойствах, на основе чего выполняется их сепарация разными методами. Одним из наиболее дешевых способов разделения является пневматическая сепарация в восходящем потоке воздуха, которая имеет определенные закономерности. В соответствии со сказанным выше следует подчеркнуть актуальность исследований факторов, влияющих на показатели воздушной сепарации, и моделирования поведения смеси частиц в рабочем пространстве сепаратора.

Анализ исследований и публикаций. Работы, выполнявшиеся ранее различными авторами по определению свойств и возможных технологий разделения лома цветных металлов, имеют определенную научную и практическую ценность [2-5]. Однако, в технологии сухой гравитационной сепарации в восходящем потоке воздуха, которая широко используется в зарубежной и отечественной практике для сыпучих материалов, имеется целый спектр факторов, определяющих показатели разделения и еще недостаточно исследованных. Одним из таких факторов является разрыхленность слоя частиц различной формы и веса в рабочем пространстве пневмовибрационного сепаратора.

Постановка задачи. Целью настоящей работы является исследование влияния разрыхленности слоя частиц многокомпонентного лома цветных металлов на параметры их перемещения с позиций дальнейшего разделения в сепараторе.

Изложение материала и результаты. Для определения параметров перемещения и изучения влияния разрыхленности при разделении алюминиевых и резиновых частиц была принята методика компьютерного моделирования, излагавшаяся ранее более подробно в ряде работ [6-7]. Модель

основана на дискретных элементах и успешно применяется для исследования различных процессов.

В результате работы программы можно получить графические и текстовые файлы для анализа. В модели учтены свойства разделяемых материалов - резины и алюминия - и задано их количественное соотношение, соответствующее реальному в пробах дробленого лома. Стенки сепаратора имеют характерные для них свойства, поддерживаемые с помощью серии мелких шариков (№1-100), и режим движения, а также угол и направление наклона. Подача воздуха снизу учтена путем задания соответствующей скорости частиц. Один цикл времени счета в модели соответствует 5×10^{-5} с натурального времени.

Различная разрыхленность материала задавалась изменением количества частиц в единице рабочего пространства сепаратора и изменялась в пределах от 0.1 до 0.9. На основе полученных выходных данных моделирования построены траектории движения каждой частицы резины и алюминия, а также графики изменения скоростей и ускорений, часть из которых показана на рис. 1.

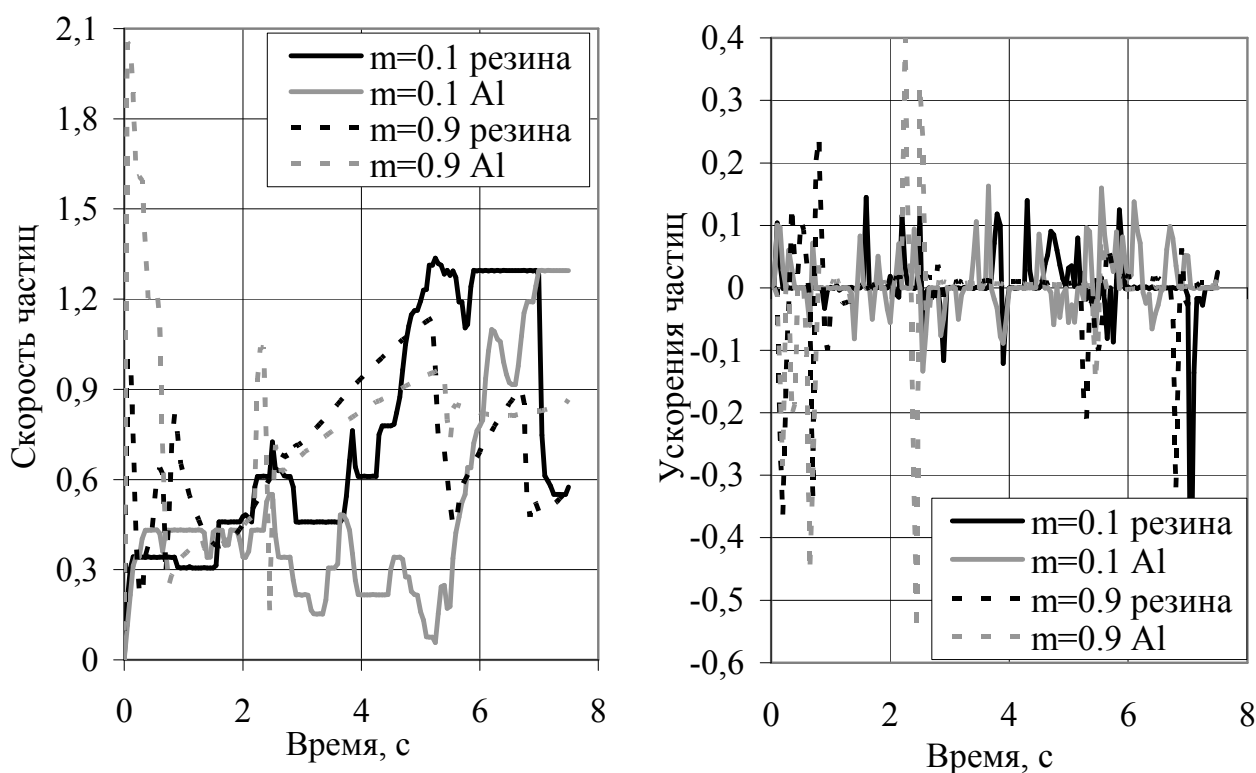


Рис. 1 – Скорости и ускорения частиц резины и алюминия в восходящем потоке воздуха при низкой (0,1) и высокой (0,9) разрыхленности слоя материала

Данные, представленные на рис. 1, свидетельствуют о том, что при низкой разрыхленности происходят частые столкновения частиц друг с другом, которые вызывают резкие изменения скорости, как по величине, так и по направлению независимо от материала зерен. При $m = 0.1$ как для алюминия,

так и для резины количество пиков на кривых зависимости скорости и ускорения от разрыхленности превышает их количество при высокой разрыхленности ($m = 0.9$). Аналогичные графики получены как результат обработки данных моделирования для каждой частицы, находящейся в моделируемом сепараторе.

На базе полученных данных в виде таблиц результатов работы компьютерной программы и графиков определялась длина свободного пробега каждой частицы от столкновения до столкновения и суммарная длительность контакта частиц друг с другом в ходе моделирования при различных значениях разрыхленности. Длина свободного пробега вычислялась как произведение скорости перемещения каждой частицы на период времени, в течение которого скорость практически не изменялась. Указанный период времени определялся из графиков изменения ускорения и по табличным данным. Суммарное время контакта частиц вычислялось для каждой частицы как период времени, в течение которого происходит резкий (пиковый) скачок изменения скорости или ускорения. Затем были определены удельные значения длины свободного пробега L_u и времени контакта частиц друг с другом T_u . Результаты показаны в графической форме на рис. 2.

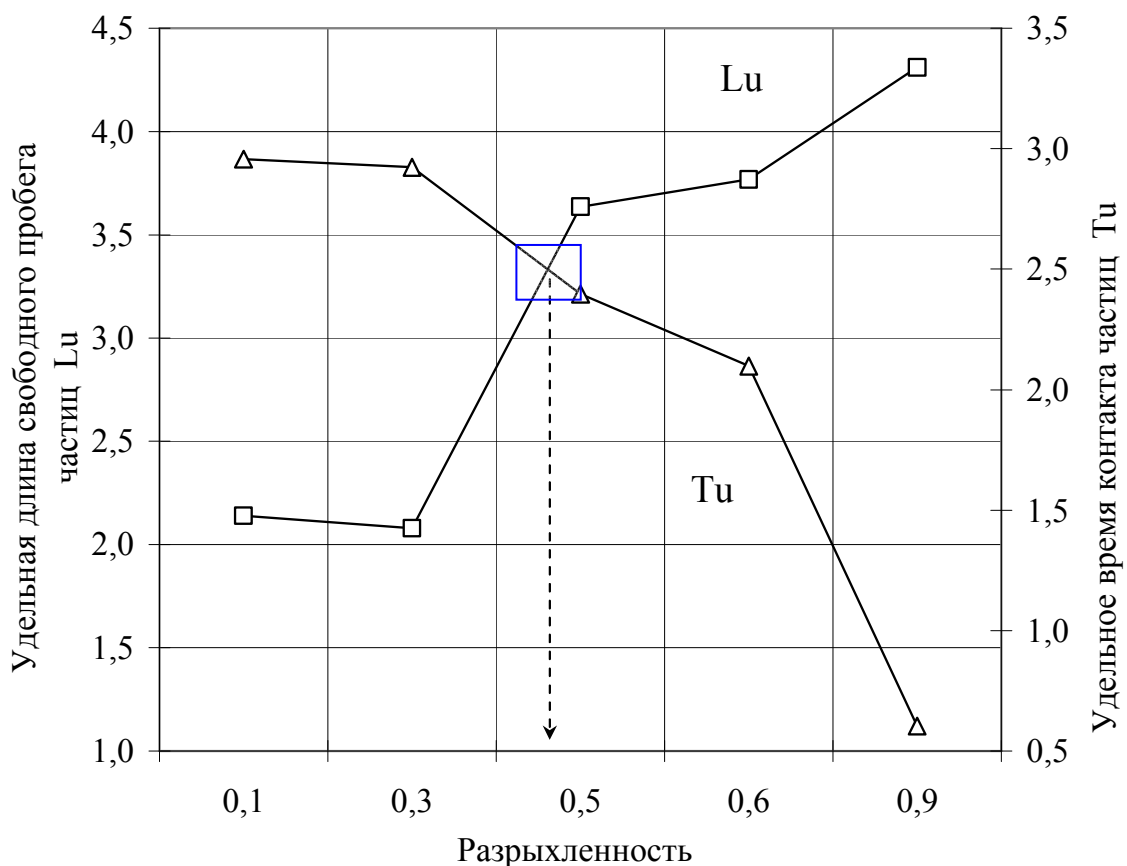


Рис. 2 – Влияние разрыхленности слоя материала на длину свободного пробега частиц и время взаимодействия друг с другом

Из графика следует, что снижение удельного времени контакта частиц и повышение длины свободного пробега начинаются со значения разрыхленности в диапазоне $m = 0,3-0,5$. Значение разрыхленности равное 0,5 соответствует началу интервала изменения этого параметра, когда следует ожидать улучшения результатов разделения материала без существенного снижения его производительности.

При различных значениях разрыхленности материала в пространстве лабораторного сепаратора, техническая характеристика которого приводилась в работе [4], были проведены физические эксперименты. Результаты разделения смесей частиц алюминия и резины, соответствовавших значениям разрыхленности, полученным в ходе компьютерного моделирования, представлены в табл. 1. Количество частиц, попавших в тяжелый концентрат алюминия, определялось визуально, извлечение частиц вычислялось по известной формуле.

Таблица 1

Разрыхленность, m	Количество частиц, шт.			Извлечение алюминия в тяжелый продукт, E , доли ед.
	питание		тяжелый продукт	
	алюминий	резина	алюминий	
0,1	73	87	7	0,0959
			1	0,0137
			2	0,0274
			5	0,0685
			10	0,1370
<i>среднее</i>				0,0685
0,3	65	70	12	0,1846
			5	0,0769
			7	0,1077
			15	0,2308
			10	0,1538
<i>среднее</i>				0,1508
0,5	55	65	28	0,5091
			26	0,4727
			33	0,6000
			35	0,6364
			32	0,5818
<i>среднее</i>				0,560
0,6	50	60	29	0,5800
			34	0,6800
			39	0,7800
			36	0,7200
			38	0,7600
<i>среднее</i>				0,7040
0,9	20	30	16	0,8000
			17	0,8500
			18	0,9000
			19	0,9500
			18	0,900
<i>среднее</i>				0,880

По экспериментальным данным построена зависимость извлечения алюминиевых частиц в тяжелый продукт от разрыхленности и выполнено ее сравнение с логистической кривой. Графики приведены на рис. 3.

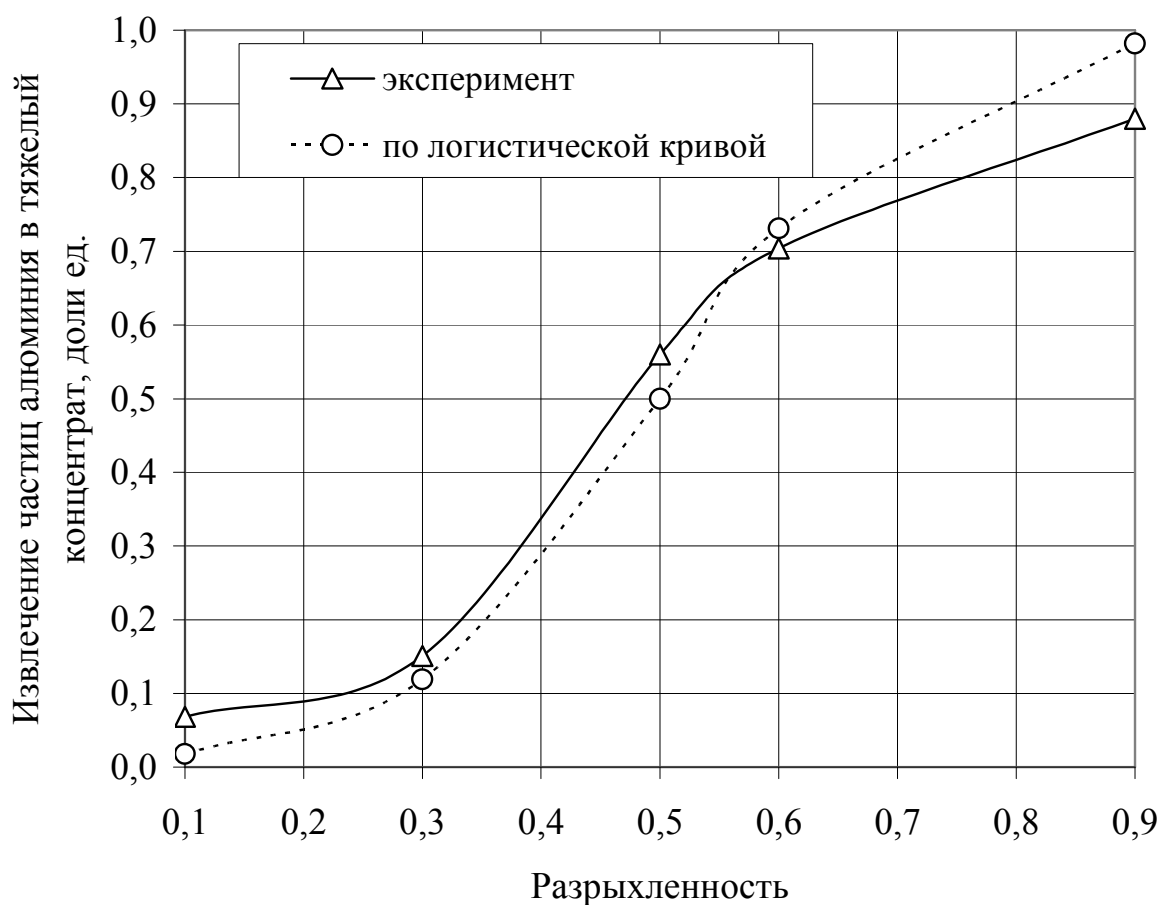


Рис. 3 – Сопоставление данных эксперимента с логистической кривой разделения

Для логистической кривой подобрана следующая аналитическая зависимость:

$$E = 1 / (1 + e^{-10m + 5}) .$$

Здесь E – извлечение частиц алюминия в тяжелый продукт, доли ед.; e – основание натуральных логарифмов; m – разрыхленность материала в рабочем пространстве сепаратора.

Данные рис. 3 позволяют заключить, что рациональный диапазон изменения разрыхленности начинается с интервала 0,4-0,5, т.к. эти значения соответствуют равновероятному разделению частиц.

Статистическая оценка длины свободного пробега частиц и времени их контакта показала следующее. Распределения значений длин свободного пробега частиц при различных значениях разрыхленности согласуется с распределением Пирсона (χ^2 – распределение). При этом преобладают малые длины свободного пробега частиц для всех исследованных значений

разрыхленности $m = 0,1 - 0,9$. Среднее значение времени контакта частиц подчиняется нормальному закону распределения с достаточной степенью вероятности, а его максимальные значения монотонно уменьшаются при увеличении разрыхленности материала.

Выводы и направления дальнейших исследований. Выполненные исследования путем компьютерного моделирования и проведения натуральных экспериментов разделения смеси частиц лома цветного металла, представленной алюминием и резиной в лабораторных условиях позволяют сделать следующие основные выводы.

1. Эффективность разделения указанных смесей частиц лома цветных металлов методом пневмовибрационной сепарации зависит от разрыхленности слоя материала в рабочем пространстве сепаратора.

2. Рациональный диапазон изменения разрыхленности начинается с интервала 0,4-0,5, т.к. эти значения соответствуют равновероятному разделению частиц между продуктами сепарации.

3. Установлена логистическая зависимость извлечения частиц алюминия в тяжелый продукт от разрыхленности, которая имеет вид $E = 1 / (1 + e^{-10m+5})$.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на определение рациональных технологических режимов разделения частиц сложного лома цветных металлов методом пневмовибрационной сепарации.

Список литературы

1. **В.А. Смирнов, В.Н. Бредихин, А.И. Шевелев** Обогащение руд и отходов цветных металлов. Донецк: 2008. – 500 с.

2. **Букин С.Л., Бредихин В.Н., Корчевский А.Н.** Разделение лома цветных и редких металлов на концентрационном столе с бигармоническим вибровозбудителем // Совершенствование технологии и оборудования по переработке лома и отходов, содержащих драгоценные металлы. Материалы IV н-т конференции 16-18 апреля 1996 г. Донецк. – ДонИЦМ, 1996. – С. 17-20.

3. **Бредихин В.Н., Кожанов В.А., Кушнерова В.Ю.** Технологические проблемы переработки алюминиевых отходов // XIV МНТК «Машиностроение и техносфера XXI века». – Севастополь. – 2007. – С. 112-116.

4. **Сухин Н.В., Корчевский А.Н., Назимко Е.И.** Применение вибрационного пневматического сепаратора при разделении лома цветных металлов // Збагачення корисних копалин. – 2004. - № 20 (61). – С. 83-88.

5. **Корчевский А.Н., Назимко Е.И., Апоначенко С.С.** Исследование свойств лома цветных металлов как объекта обогащения // Вісник Криворізького технічного університету. – 2007. - №16. - С. 68-71.

6. **L.I. Nazimko, E.E. Garkovenko, A.N. Corchevsky, I.N. Druts** Kinetics of Phases Interaction during Mineral Processing Simulation // *Proceedings of XV International Congress of Coal Preparation. China. 2006. p. 785-798.*

7. **Корчевский А.Н.** Моделирование процесса сухой сепарации материалов. Настройка модели. // Збагачення корисних копалин. – 2005. - №23(64) – С. 113-119.

*Поступила в редколлегию 18.04.2008 г.
Рекомендована к публикации д.т.н. А.Д. Полуляхом*