Роль пылевой фракции при производстве анодной массы

Шадрин Иван Анатольевич
магистрант СФУ

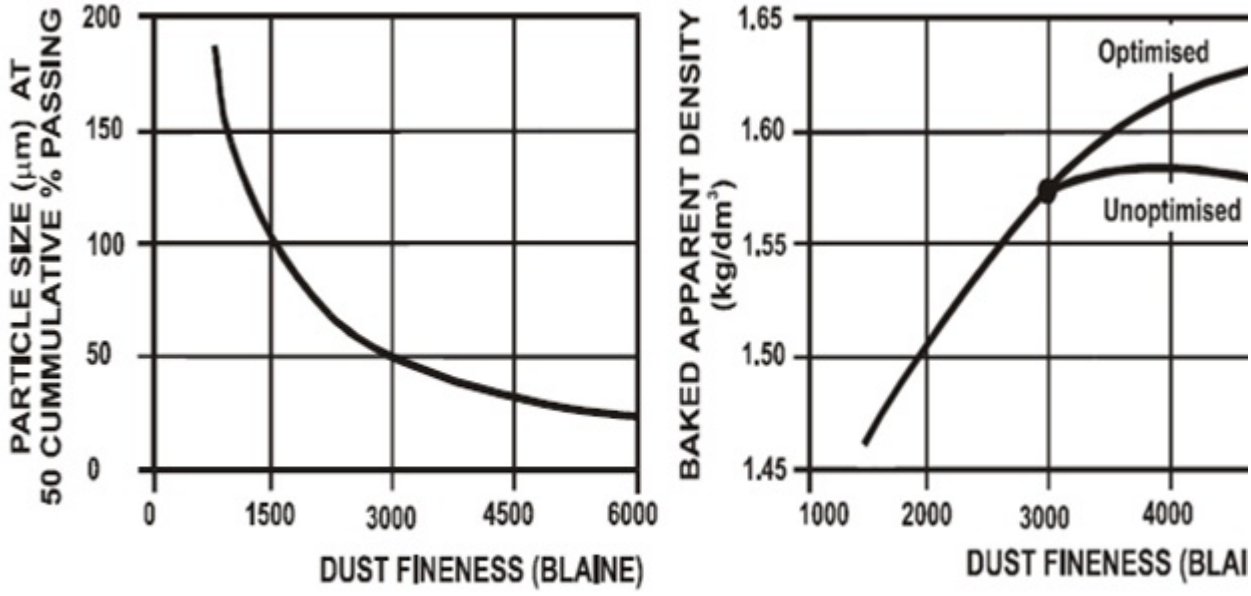
Научный руководитель: **Безруких Александр Иннокентьевич**
кандидат технических наук, доцент.
СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ,
Институт цветных металлов и материаловедения,
Кафедра металлургии цветных металлов,
Россия, г. Красноярск

Анод для алюминиевого электролизера представляет собой смесь коксовой шихты и связующего пека. Качество анода влияет на технико-экономические показатели процесса электролиза, такие как расход анода, выход по току, потребление электроэнергии. Гранулометрический состав коксовой шихты состоит из трех фракций: крупка, отсев, пыль. В данной статье проведен анализ влияния пылевой фракции на качество анода.

В работе Швейцарских исследователей Кристина Халса, Рэймонда Перручуда, Вернера Фишера и Барри Велша «Адаптация процесса для получения более тонких фракций пыли», было изучено влияние свойств пылевой фракции при производстве анодов на качество выпускаемой продукции. В рамках исследования был проведен эксперимент по выпуску анодной массы с более тонкой фракции пыли (числом Блейна выше 3000). Для начала исследователями был проведен анализ пылевых компонентов. Ситовой анализ пыли разбивает ее на следующие фракции: +0,2мм; –0,2мм+0,071мм и –0,071мм. Недостатком данного анализа является тот факт, что он не оценивает распределение по фракциям меньше 0,071мм, которые могут оказывать существенное влияние на характеристики анода. Поэтому основным показателем, определяющим тонину помола пыли, было выбрано число Блейна, которое отражает удельную площадь поверхности мелких частиц. В ходе анализа было выявлено, что чем больше значение числа Блейна тем меньше размер частиц пыли и следовательно более высокая площадь поверхности. График зависимости размера частиц пыли от значения числа Блейна представлен на рисунке 1а.

Также увеличение числа Блейна способствует увеличению истинной плотности анода. Это связано с тем, что более мелкие частицы будут лучше заполнять пустоты в теле анода, тем самым снижая реактивную способность анода в воздухе и его потребление в процессе электролиза алюминия. График зависимости истинной плотности анода от значения числа Блейна представлен на рисунке 1б. Стоит отметить, что увеличение числа Блейна свыше 5000 не дает существенных преимуществ [1].

Испытания показали, что при увеличении тонкости пыли снижается пропускная способность шаровых мельниц вследствие меньших масс более мелких частиц пыли.



а б

Рисунок 1 — Влияние числа Блейна

а — на размер частиц пыли; б — на истинную плотность анода

В работе бразильских исследователей «Использование более тонкой мелочи при изготовлении анодов на предприятии Alumar», основным показателем, определяющим тонину помола пыли, также было выбрано число Блейна. В данной работе команда исследователей изучала изменение свойств анода при изменении числа Блейна для пылевой фракции с 4000 до 4400. Для этого были изменены технологические параметры для шаровой мельницы и воздушного классификатора. Шаровая мельница была модифицирована так, чтобы выдерживать увеличение объёма шаров за счёт подвода большего количества электроэнергии. Работа использовавшегося воздушного классификатора была изменена таким образом, чтобы избежать механических изменений конструкции [2]. В результате эксперимента, данной группе исследователей, равно как и предыдущей, удалось установить рост истинной плотности при повышении числа Блейна. Так значение истинной плотности анодной массы при одинаковом содержании пека увеличилось на 0,9% по сравнению с исходным составом пылевой фракции. Зависимость истинной плотности анодной массы от значения числа Блейна и процентного содержания пека представлена на рисунке 2. Вдобавок к вышесказанному они установили, что при повышении тонкости пыли на каждые 1000 Блейн следует повышать процентное содержание пека на 1% при смешивании анодной массы. Это обуславливается тем, что при повышении числа Блейна возрастает удельная поверхность пыли, которая должна быть покрыта пеком для стабильной работы анода в процессе электролиза алюминия.

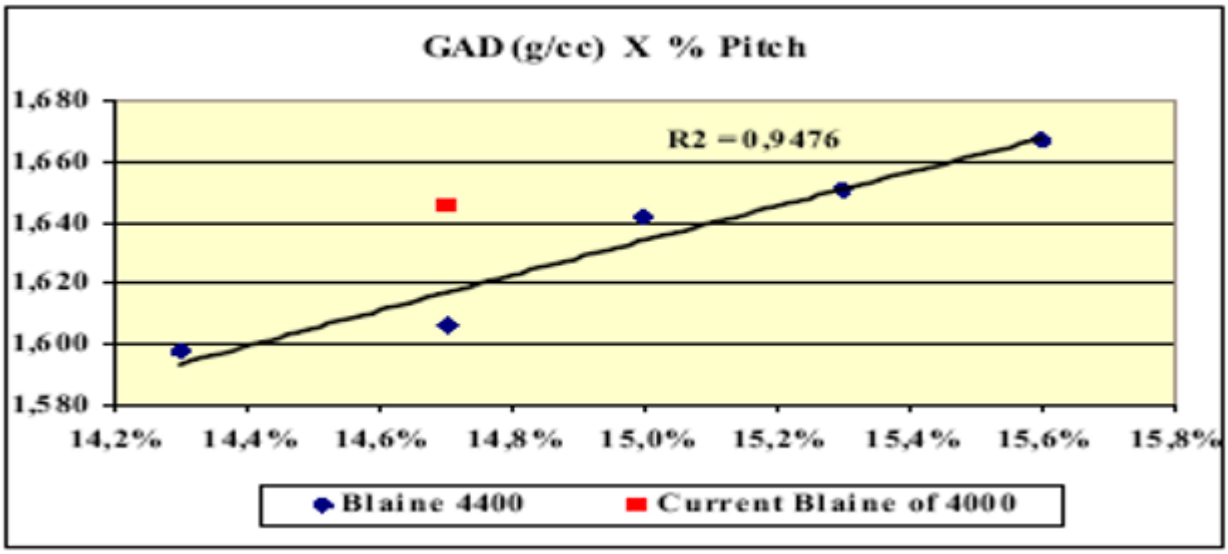


Рисунок 2- Зависимость истинной плотности анодной массы от значения числа Блейна и процентного содержания пека

Исследованию свойств анода в зависимости от пылевой фракции посвятили свою работу «контроль над воздухопроницаемостью предварительно-обожжённых анодов» китайские исследователи Сёдзюнь Чжан, Вэньсян Ли, Цзиньлун Цзян. В целях повышения анодной плотности тока необходимо улучшать характеристики анода, такие как: снижение удельного электросопротивления, снижение воздухопроницаемости, повышение стойкости к окислению, термостойкости [3]. Для достижения данных показателей необходимо контролировать и своевременно реагировать на изменение параметров в процессе изготовления анода. К одним из параметров, существенно влияющих на свойства анода, китайские исследователи отнесли размер пылевой фракции, которую также характеризуют числом Блейна. В своей работе они приводят изменение значения числа Блейна пылевой фракции в исследуемом периоде. График изменения числа Блейна пылевой фракции в исследуемом периоде представлен на рисунке 3.

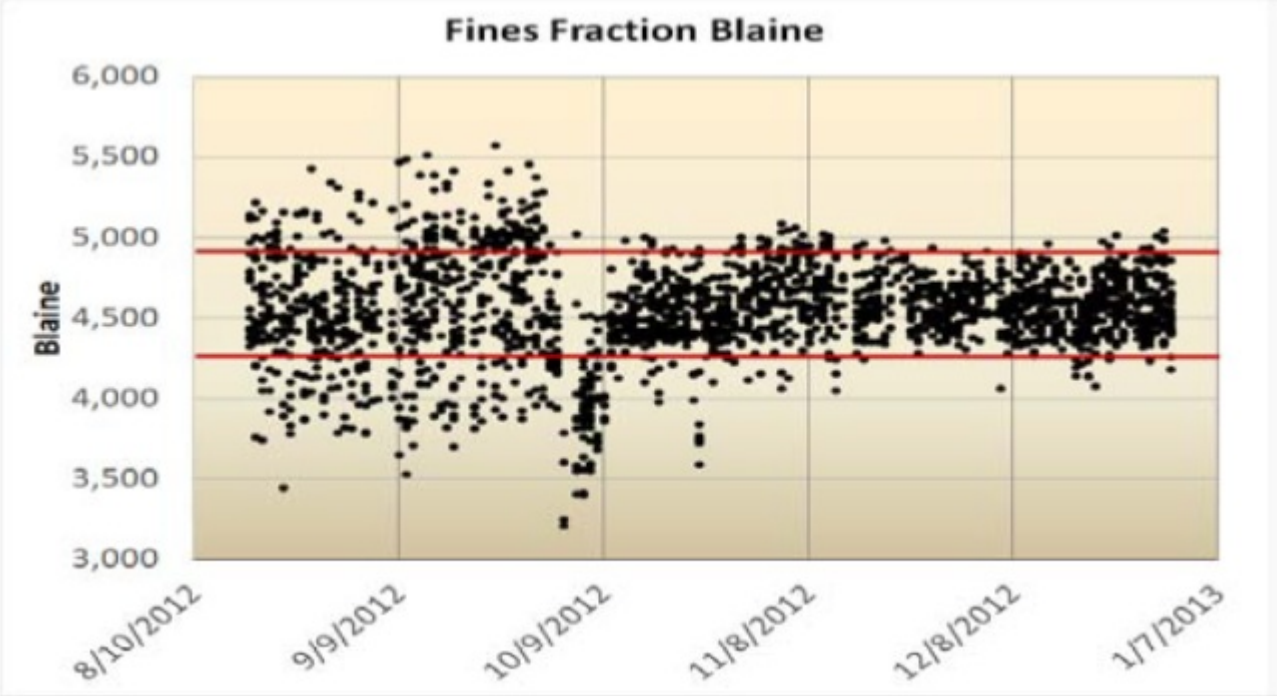


Рисунок 3 — График изменения числа Блейна пылевой фракции в исследуемом периоде

Был произведен статистический анализ данных числа Блейна пылевой фракции в менее

стабильный период (с 18/8/2012 до 10/2/2012) и более стабильный период (15/11/2012 до 31/12/2012). В результате анализа приводится гистограмма распределения значений числа Блейна пылевой фракции в исследуемые периоды, которая представлена на рисунке 4. Стандартное отклонение значений был уменьшен с 1700 в менее стабильный период до 700 в более стабильный период. В связи с этим, наблюдается снижение стандартного отклонения значений воздухопроницаемости анодов в более стабильном периоде. Гистограмма распределения значений воздухопроницаемости в исследуемые периоды представлена на рисунке 5.

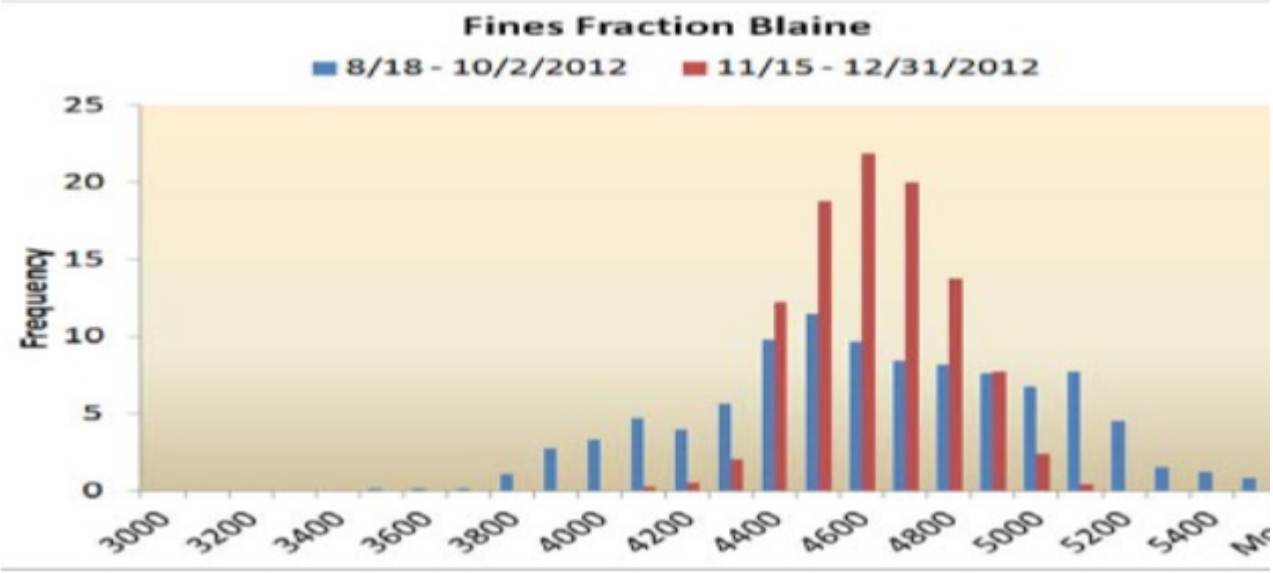


Рисунок 4 — Гистограмма распределения значений числа Блейна пылевой фракции в исследуемые периоды

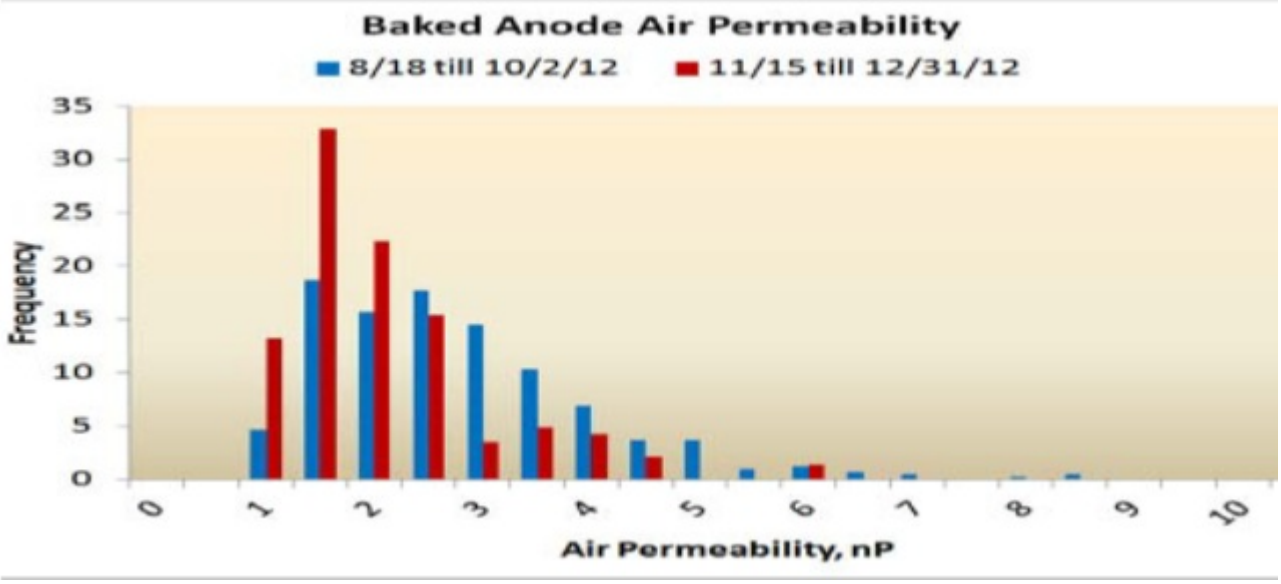


Рисунок 5 — Гистограмма распределения значений воздухопроницаемости в исследуемые периоды

Изменение свойств пыли в зависимости от производительности питателей шаровых мельниц

В ходе изучения влияния свойств пылевой фракции на качество анодной массы и расход анода при электролизе, был проведен эксперимент по изменению тонины помола и удельной поверхности сортовой пыли в зависимости от изменения производительности питателей шаровых мельниц. Программа собирает данные анализов удельной поверхности и тонины помола пыли за смену (12 часов). Результаты анализов сведены в таблицу и представлены на графике, при входе

в программу данные автоматически обновляются. При отклонении среднего значения удельной поверхности и тонины помола от предельно допустимых, программа делает вывод поднять или снизить производительность питателей шаровых мельниц. Изменение производительности питателя шаровой мельницы производится путем регулирования напряжения на электродвигатель питателя.

С целью определения величины колебаний значений, был проведен статистический анализ полученных данных [4]. По результатам данного эксперимента было установлено, что средние показатели удельной поверхности пыли и содержания фракции –0,071мм, а также их стандартные отклонения находятся в допустимых пределах. По результатам эксперимента было выявлено, что с ростом удельной поверхности пыли снижается размер частиц пыли. Данный тезис подтверждает высказывание, приведенное в научных работах [1,2]. График зависимости размера частиц пыли от удельной поверхности пыли представлен на рисунке 6.

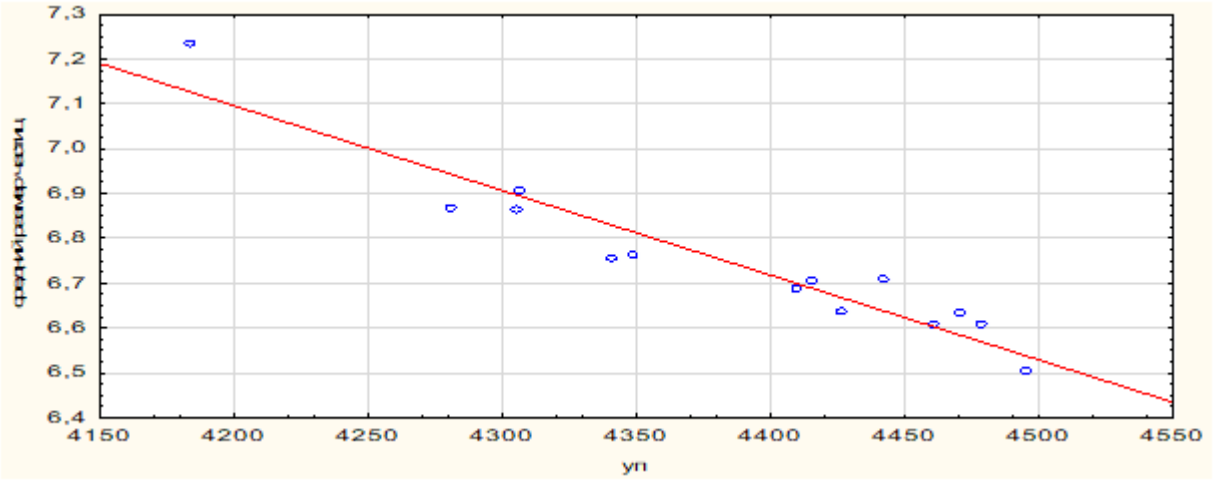


Рисунок 6 — График зависимости размера частиц пыли от удельной поверхности пыли

Также было установлено, что значение кажущейся плотности анодной массы выше при росте значения удельной поверхности пыли. График зависимости кажущейся плотности анодной массы от удельной поверхности пыли представлен на рисунке 7.

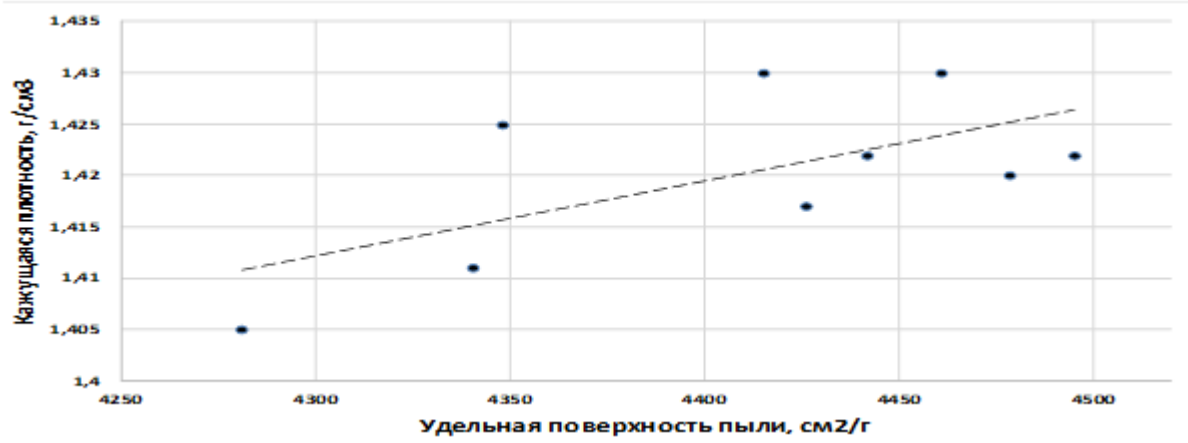


Рисунок 7 — График зависимости кажущейся плотности анодной массы от удельной поверхности пыли

Повышенный выход угольной пены указывает на разрушение самообжигающегося анода и неполное его сгорание при электролизе и приводит к дополнительным затратам на ее переработку, поскольку в снимаемой угольной пене содержится до 70% ценных для электролиза алюминия компонентов, которые после флотационного обогащения возвращаются

в производство [5]. В ходе эксперимента установлено, что с ростом удельной поверхности пыли снижается выход угольной пены. График зависимости выхода угольной пены от удельной поверхности пыли представлен на рисунке 8.

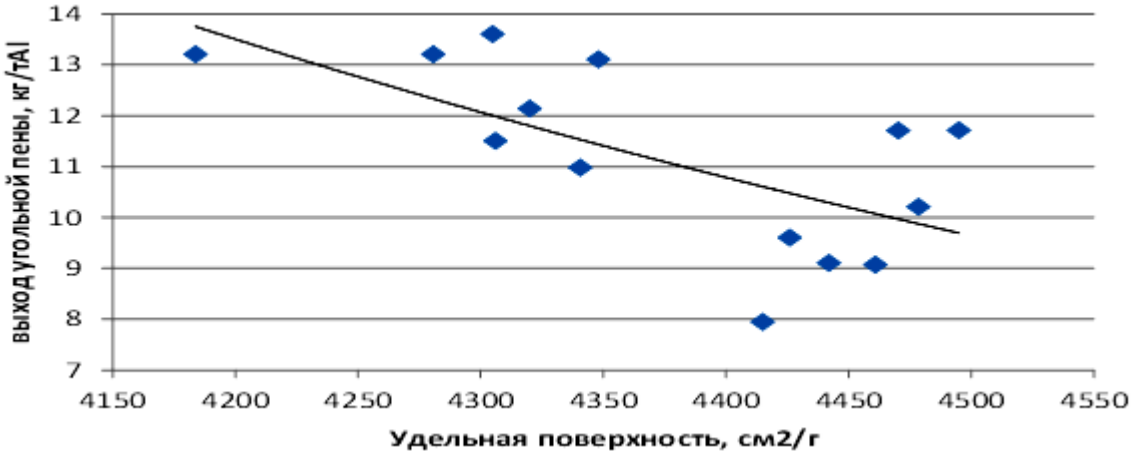


Рисунок 8 — График зависимости выхода угольной пены от удельной поверхности пыли

Выводы

1. Основным и более информативным показателем пылевой фракции является число Блейна, характеризующее размер частиц пыли и ее удельную поверхность.

2. Изменение значения числа Блейна пылевой фракции оказывает влияние на свойства производимого анода. Так повышение удельной поверхности пыли ведет к росту плотности анода, увеличению стойкости к окислению, снижению текучести, снижению удельного электросопротивления.

3. Стабилизация значений числа Блейна приводит к улучшению свойств анода в процессе электролиза алюминия.

Список используемой литературы

1. Hulse, K.L. Process adaptions for finer dust formulations: mixing and forming/ K.L. Hulse, R. C. Perruchoud, W.K. Fischer, B.J. Welch// Essential Readings in Light Metals. Vol. 4. — 2016. — № 4. — P.322-327.
2. Figueiredo, F.E.O. Finer fines in anode formulation/ F.E.O. Figueiredo, C.R. Kato, A.S. Nascimento, A.O. F. Marques, P.Miotto// Light Metals. — 2005. — № 1. — P.665-668.
3. Zhang, S An approach to help control air permeability of pre-baked anodes/ S. Zhang, W. Li, J. Jiang// Light Metals. — 2014. — № 1. — P.1195-1197.
4. Sinclair, K Going beyond SPC — why we need statistical thinking in operations such as Carbon Plants/ K. Sinclair, B.Sadler// Light Metals. — 2004. — № 1. — P.567-572.
5. Янко, Э.А. Аноды алюминиевых электролизеров/ Э.А. Янко — М.: Издательский дом «Руда и металлы», 2001 — 670 с.