

**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ
СВОЙСТВА
МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ УГЛЕРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Крикунов Д.И.,
научный руководитель: Тинькова С.М.
Сибирский федеральный университет**

В алюминиевой промышленности используется значительное количество теплоизоляционных материалов, и большая их часть применяется в футеровке электролизеров. Как показывает мировой опыт, высокоэффективная теплоизоляция – важнейший фактор снижения энергозатрат при производстве алюминия.

Постоянный рост цен на теплоизоляционные и футеровочные материалы, необходимость сокращения отходов, снижение затрат на монтаж ванн электролизеров – послужили причиной поиска новых материалов. Выбор пал на аспирационную пыль Красноярского и Саяногорского алюминиевых заводов, в связи с тем, что она является отходом производства, а предварительные исследования показали её низкий коэффициент теплопроводности.

Однако пыль является мелкодисперсным материалом, что значительно затруднит монтаж подины электролизера. Для исключения этого негативного фактора решили использовать её пакетированной. В последующем пыль в пакетах под действием вышележащих слоев будет уплотняться, а значит, будут изменяться ее характеристики.

Поэтому нами были проведены исследования влияния степени уплотнения на основные параметры материала, в частности, на коэффициент теплопроводности. Для более полного раскрытия этой зависимости нами также определились фазовый и гранулометрический состав пыли, пористость при разной степени уплотнения.

Исследования проводились по методикам отечественных и международных стандартов.

Исследования вещественного состава аспирационной пыли показали, что он представлен преимущественно углеродом (с наличием его аморфной фазы), криолитом, хиолитом, оксидами алюминия и натрия. Содержание графита составляет 92,6 %, а прочих элементов соответственно: О – 2,31 %, Al – 1,83 %, Na – 1,52 % и F – 1,65 %.

Также было проведено определение вещественного состава золы от сжигания аспирационной пыли. В состав золы в основном входит оксид алюминия (Al_2O_3 – 81,9 %), а также F_2O_3 , $KNa_3(AlSiO_4)_4$, Na_2SO_4 (где О – 45,2 %, S – 0,6 %, Si – 1,22 %, Al – 44,5 %, Na – 1,62 %, K – 0,42 %, Fe – 6,28 %).

Исследования гранулометрического состава сначала проводились на оптическом микроскопе Axio Observer с использованием предварительного вакуумирования образцов.

Анализ результатов показал недостоверность полученных данных, так как программа не всегда была способная отличить конгломерат от крупного зерна (рис. 1).

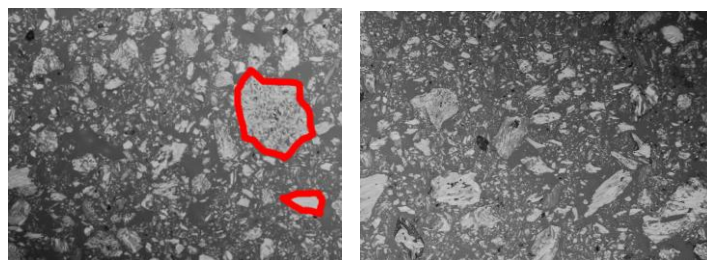


Рисунок 1 – Аспирационная пыль под микроскопом

Тем не менее, проведенная работа позволила отработать методику подготовки и исследования образцов для дальнейших испытаний на другом оборудовании.

Методика определения гранулометрического состава с использованием ультразвукового гранулометра «Nimbus» заключается в анализе функции затухания ультразвука в жидкой фазе, в которой находится и постоянно перемешивается навеска анализируемого образца пыли. Использование жидкости с поверхностно - активными веществами дает возможность разрушать конгломераты (рис. 2).

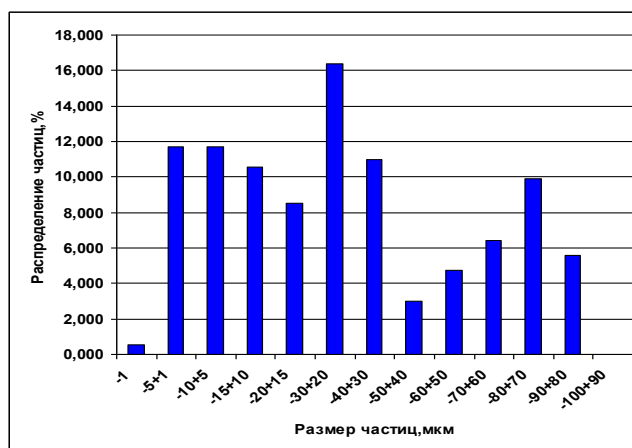


Рисунок 2– Гранулометрический состав аспирационной пыли

Результаты показали, что аспирационная пыль ОАО «РУСАЛ Саяногорск» содержит большее количество крупных частиц, чем пыль ОАО «РУСАЛ Красноярск», что объясняет более высокий коэффициент теплопроводности этого материала при равных степенях уплотнения и насыпной плотности (рис. 3).

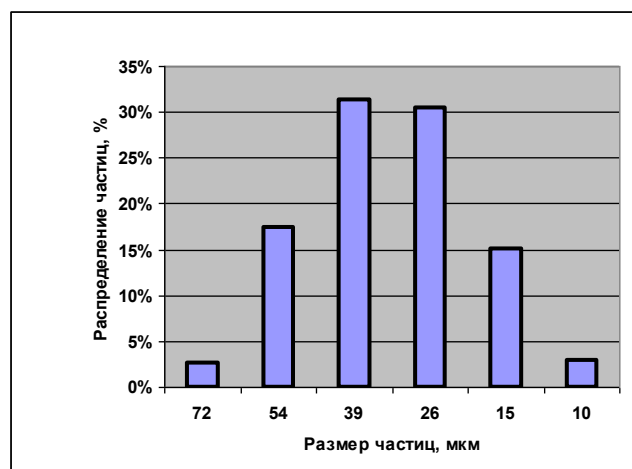


Рисунок 3 – Дисперсный состав аспирационной пыли ОАО «РУСАЛ Красноярск»

Таким образом, в качестве материала, более подходящего по технологическим требованиям, была выбрана аспирационная пыль ОАО «РУСАЛ Красноярск». Стоит отметить, что пыль Саяногорского завода имеет характеристики, незначительно уступающие характеристикам выбранного материала, это позволяет иметь ее в запасе.

Для исследования влияния степени уплотнения на теплопроводность материала была разработана собственная методика проведения эксперимента.

Исследования зависимости плотности пыли от степени уплотнения проводились при давлениях сжатия: 0, 5, 10, 20, 30, 40, 45 МПа (рис. 4).

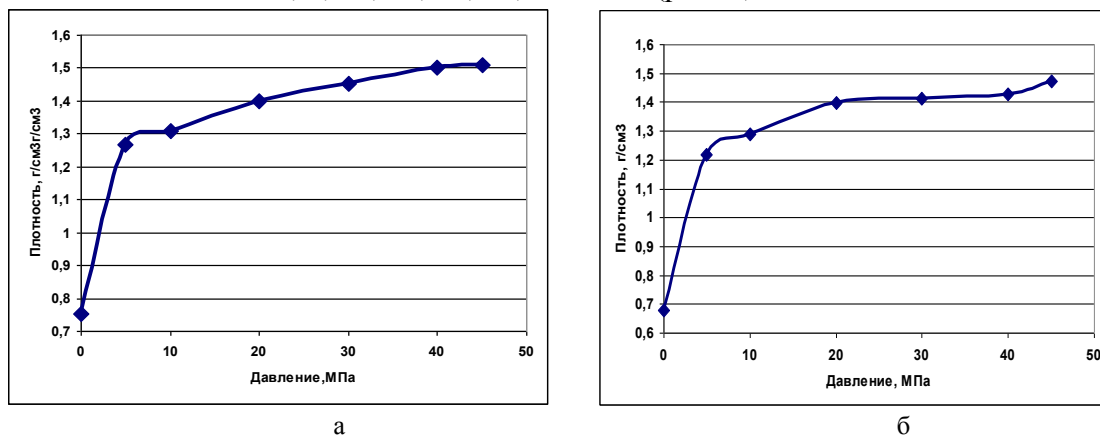


Рисунок 4 – Зависимость плотности образцов аспирационной пыли от нагрузки:
а - ОАО «РУСАЛ Красноярск», б - ОАО «РУСАЛ Саяногорск».

Показано, что при малых степенях уплотнения плотность пыли значительно возрастает, а дальнейшее увеличение нагрузки практически не влияет на плотность образцов.

С этой зависимостью непосредственно связана и теплопроводность образцов (рис. 5).

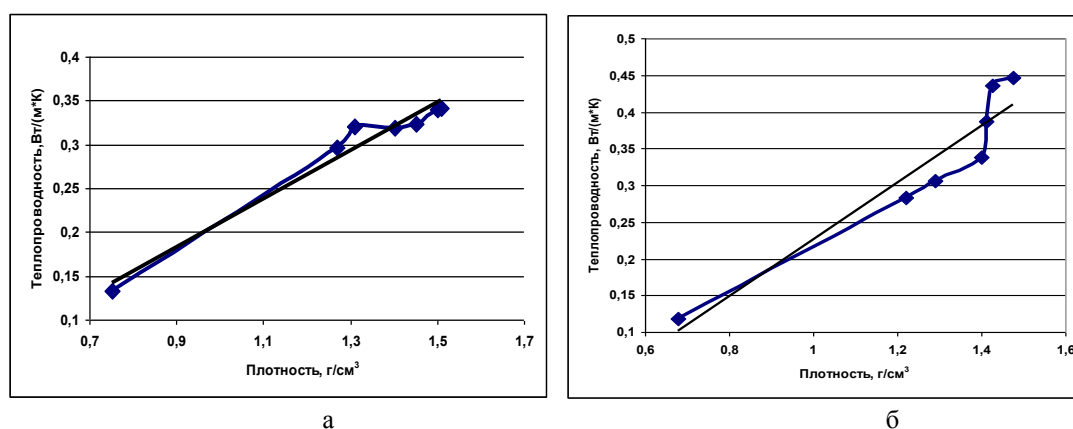


Рисунок 5 – Зависимость теплопроводности образцов аспирационной пыли от плотности:
а - ОАО «РУСАЛ Красноярск», б - ОАО «РУСАЛ Саяногорск»

Как показывают результаты, теплопроводность пыли «РУСАЛ Красноярск» увеличивается практически линейно. Несколько другая картина наблюдается для пыли «РУСАЛ Саяногорск» - при превышении плотности $1,4 \text{ г/см}^3$ теплопроводность резко возрастает, что может явиться негативным фактором при использовании данного материала в качестве теплоизолятора.

Теплопроводность обычно находится в зависимости от пористости материала, поэтому были проведены исследования распределения пор по размерам.

Для проведения этих исследований были изготовлены формованные образцы при усилиях прессования 20, 30, 40 МПа.

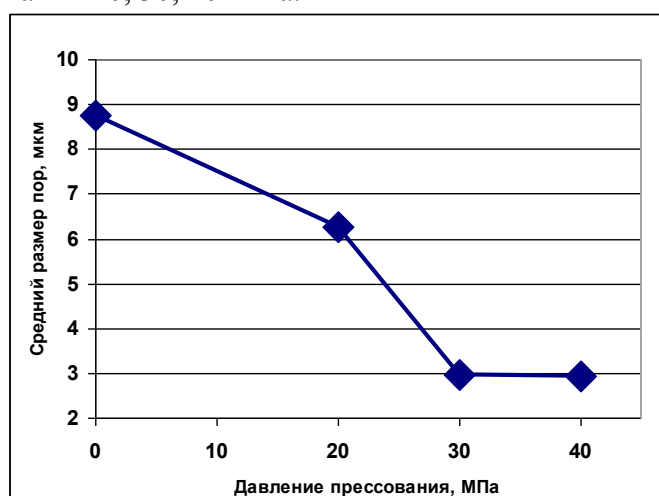


Рисунок 6 – График зависимости среднего размера пор от давления прессования аспирационной пыли.

Как показали исследования, увеличение давления прессования от 0 до 30 МПа приводит к значительному уменьшению среднего размера пор. Дальнейший рост давления практически не меняет средний размер пор (рис. 6). Зависимость теплопроводности от пористости даёт право предположить, что уплотнение пакетированной пыли приведет к стабилизации параметров.

В насыпном образце наибольшее количество пор имеют размеры от 5 до 10 мкм, а с ростом степени уплотнения максимум смещается в сторону более мелких пор (рис.7).

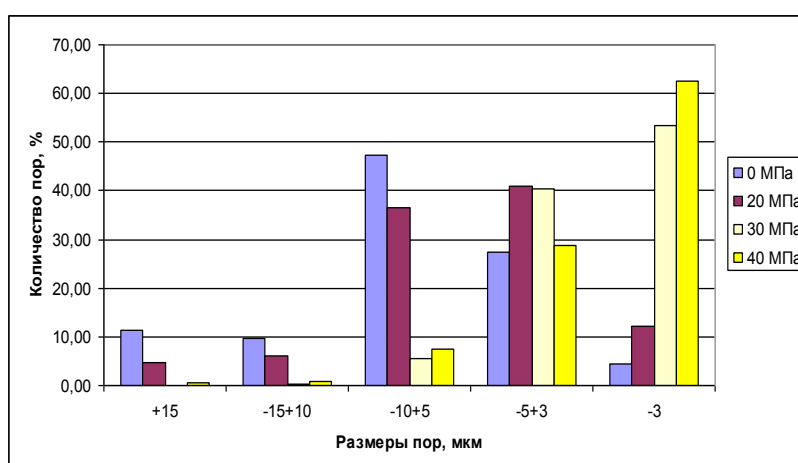


Рисунок 7 – Распределение пор по размерам при разной степени сжатия образцов

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать вывод, что в качестве теплоизоляционного материала для футеровки подин электролизеров можно рекомендовать аспирационную пыль алюминиевого производства, которая: во – первых, относится к категории отходов, что значительно снизит расходы на футеровку,

во – вторых, обладает низким коэффициентом теплопроводности, это уменьшит энергозатраты,
в – третьих, использование её в упаковочном виде даёт возможность экологически безопасного монтажа футеровки.