

УДК 661.17

**Применение электродной массы для углеграфитовых изделий**© Д.О. Зяблова<sup>1</sup>, И.О. Дошлов<sup>2</sup>Иркутский национальный исследовательский технический университет,  
г. Иркутск, Российская Федерация

В данной статье рассмотрено использование электродной массы для химической промышленности. Авторами были изучены реологические характеристики электродной массы и методы их определения. Делается вывод о том, что соблюдение необходимых условий технологического процесса позволяет получить качественную углеграфитовую продукцию.

*Ключевые слова:* электродная масса, углеграфитовые изделия, каменноугольный пек, аноды, алюминиевая промышленность

**Anode paste usage for carbon and graphite products**

© Daria O. Zyablova, Ivan O. Doshlov

National research Irkutsk state technical University,  
Irkutsk, Russian Federation

The article discusses the use of electrode paste for the chemical industry. The article studies the rheological characteristics of anode paste and methods for their determination. The article concludes that compliance with the necessary conditions of the technological process allows obtaining high-quality carbon and graphite products.

*Keywords:* electrode paste, carbon and graphite product, coal-tar pitch, anodes, aluminum industry

В современной промышленности широко используются изделия из углеграфитовых материалов: электроды дуговых электропечей, огнеупоры, химически стойкие изделия, электроугольные изделия, антифрикционные изделия, графитированные блоки и детали для атомной энергетики, электродные массы для самообжигающихся электродов.

Алюминиевая промышленность – крупнейший потребитель электродной и анодной масс для самообжигающихся электродов и анодов. Объясняется это не только большими объемами выпуска алюминия, но и значительным расходом анодов (примерно 600 кг на 1000 кг алюминия), поскольку в алюминиевой промышленности они работают в весьма жестких эксплуатационных условиях (высокая температура, агрессивная среда в виде расплавленных солей и т.д.). Поэтому они должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- выдерживать высокую температуру;
- иметь хорошую электропроводность, малую пористость и достаточную механическую прочность;
- обладать хорошей стойкостью против окисления кислородом воздуха и разъедания различными химическими веществами;
- содержать минимальное количество примесей;
- иметь правильную геометрическую форму;
- быть достаточно дешевыми.

Наиболее полно этим требованиям отвечают электроды из углеродистых материалов.

К настоящему времени явно проявилась проблема комплексного рассмотрения всего технологического цикла по производству и применению электродных масс.

Электродная масса (ЭМ) представляет собой композицию твердых углеродистых материалов (антрацита, кокса, графитового возврата) различных классов крупности (дисперсности) с каменноугольным пеком в качестве связующего. Твердые ингредиенты составляют 70–80% ее состава, при этом основной особенностью является то, что наполнители задают-

<sup>1</sup> Зяблова Дарья Олеговна, студентка гр. ХТОбп-15-1, e-mail: O.zyablowa2014@yandex.ru

Daria O. Zyablova, student Department of chemical technology, e-mail: O.zyablowa2014@yandex.ru

<sup>2</sup> Дошлов Иван Олегович, аспирант кафедры физики, e-mail: doshlov125@mail.ru

Ivan O. Doshlov, graduate student Department of physics, e-mail: doshlov125@mail.ru

ся в рецептуру с размером частиц от 20 мм до нескольких микрон. Каждый из компонентов ЭМ, как наполнитель, так и связующее, выполняет свои особые функции в формировании ее эксплуатационных характеристик [1].

### **Гранулометрический состав электродной массы**

Углеродистые материалы, к которым относится ЭМ и самообжигающийся электрод на ее основе, представляют собой пористые системы. Свойства углеродистых материалов во многом определяется физико-механическими свойствами электродной массы (таблица), дисперсной структурой, которая в свою очередь зависит в основном от гранулометрического состава исходной шихты с наполнителем.

### **Фактические показатели физико-механических свойств электродной массы**

Показатель	Значение
Выход летучих веществ, %	14–18
Плотность, мкг/см <sup>3</sup>	1,88–1,93
Объемная плотность, мкг/см <sup>3</sup>	1,36–1,44
Предел прочности при сжатии:	
МН/М <sup>2</sup>	17,6–29,4
МГС/СМ <sup>2</sup>	180–300
Пористость, %	25,0–27,0
Удельное сопротивление, Ом·мм <sup>2</sup> /м	67–87

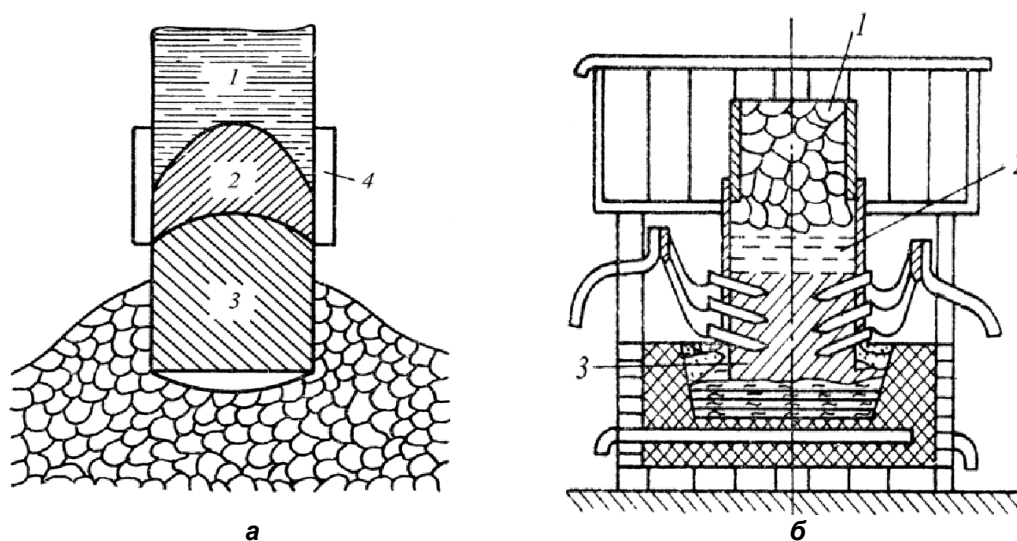
Для того чтобы судить о конечных свойствах материала, недостаточно иметь композиции с максимальной плотностью укладки. При чрезмерном увеличении плотности шихты может наблюдаться ухудшение качества изделий.

### **Сырье для производства электродной массы**

В качестве сырья для изготовления электродной массы используются антрацит, нефтяной кокс и искусственный графит. В качестве связующего применяются каменноугольные, среднетемпературные и высокотемпературные пеки.

Электродные и анодные массы применяются для самоспекающихся (самообжигающихся) электродов и анодов непрерывного действия при производстве алюминия, карбида кальция, фосфора, некоторых ферросплавов.

Электрод представляет собой металлический кожух (обычно цилиндрический, реже прямоугольный), заполняемый электродной массой. По мере расходования электрод опускается в печь. При этом масса в кожухе нагревается, плавится и, проходя через токопроводящие контактные плиты (щеки), коксуется. После контактных щек электрод приобретает свойства, соответствующие свойствам угольного электрода. Схемы самообжигающихся электрода и анода показаны на рис. 1 [2].



**Рис. 1. Схема самообжигающегося электрода (а) и анода (б)**

Реологические характеристики электродной массы являются ответственными за формирование самообжигающегося электрода, во-первых, при заполнении кожуха электрода массой, во-вторых, определяющими адсорбционное упрочнение этого композитного материала при коксовании в монолитный блок.

Реологические свойства электродной массы определяются в основном вязкопластическими характеристиками, такими как текучесть и пластичность, которые в свою очередь обуславливаются совокупностью качества и природы применяемых углеродистых материалов, рецептуры и технологии изготовления массы.

Для определения этих характеристик электродной массы разработаны методы, в основе которых лежит процесс растекания (деформации) образца или определенной навески массы в динамике нагрева или при определенной температуре. Например, в технические условия включен метод определения коэффициента текучести  $K_T$ , благодаря которому можно определить, является ли масса браковочной при ее изготовлении и отгрузке потребителю. Метод является экспрессным, не требует больших трудозатрат, прост в аппаратном оформлении и имеет небольшую погрешность измерений [3]. На рис. 2 представлен график зависимости коэффициента текучести от времени при температуре 140 °С.

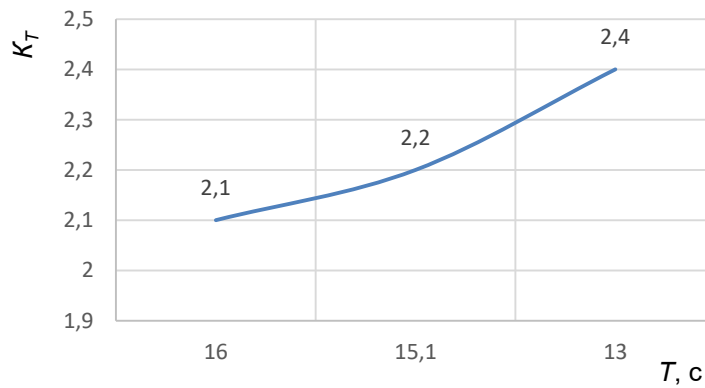
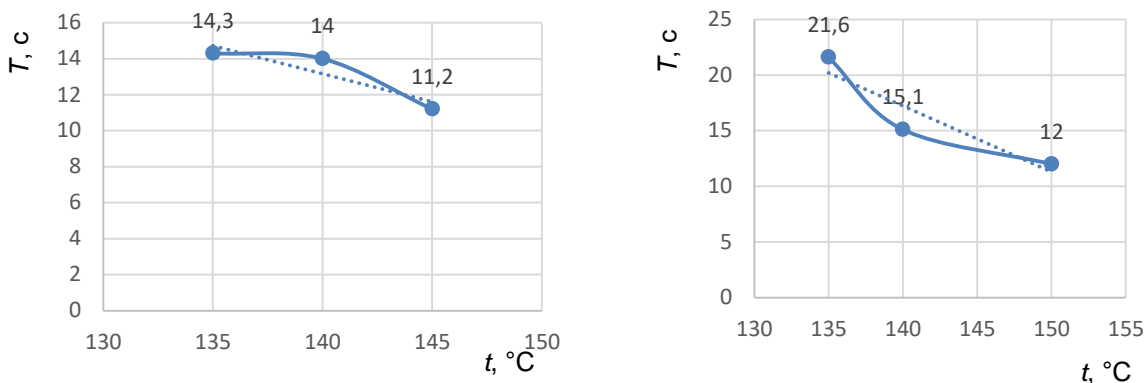


Рис. 2. Зависимость коэффициента текучести от времени при температуре 140 °С

Для измерения вязкости электродной массы используют металлический конус, который опускают в электродную массу, фиксируют время начала погружения и наблюдают за погружением конуса. Образование воронки свидетельствует о конце погружения, после чего останавливают секундомер и фиксируют конец погружения. На рис. 3 представлен метод измерения вязкости ЭМ с помощью конуса с нагрузкой на нем и без нее.



—●— T, с; ..... — линейная (T, с)

а б  
Рис. 3. Зависимость  $T=f(t)$  с грузом на конусе (а) и без него (б)

На основании полученных данных можно сделать вывод, что  $K_T$  зависит от соотношения наполнителя и связующего, а также от физических условий протекания технологического процесса, в данном случае – от температуры. При прочих условиях увеличение количества пека против принятой величины приводит к росту коэффициента текучести, и наоборот (см. рис. 3). Нарушение дозировки материалов тонкого помола соответствует уменьшению или увеличению навески пека, что также отражается на значениях коэффициента текучести [4].

### Библиографический список

1. Галевский Г.В, Жураковский В.М, Кулагин Н.М, Минцис М.Я., Сиразутдинов Г.А. Технология производства электродных масс для алюминиевых электролизеров: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению «Металлургия». Новосибирск: Наука, 1999. 294 с.
2. Терентьев В.Г., Сысоев А.В., Гринберг И.С., Черных А.Е., Зельберг Б.И., Чалых В.И. Производство алюминия: учебник для вузов. М.: Металлургия, 1997. 350 с.
3. Кукс И.В., Глушкевич М.А., Дошлов О.И., Матрененский К.Е., Зельберг Б.И. Новые материалы на основе нефтяного сырья. СПб.: Изд-во МАНЭБ, 2017. 202 с.
4. Зяблова Д.О., Дошлов И.О. Ультрадисперсный нефтяной кокс и его применение в цветной металлургии // Байкальская наука: идеи, инновации, инвестиции: сб. ст. по материалам Всерос. науч.-практ. конф. (Иркутск, 29 июня 2017 г.). Шелехов: Изд-во ООО «Научное партнерство “Апекс”», 2017. С. 102–104.