

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ СПЕКАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТЬЮ ЭЛЕКТРОДНЫХ КАМЕННОУГОЛЬНЫХ ПЕКОВ© В.В. Карчакова¹*Государственное предприятие «Украинский государственный научно-исследовательский углехимический институт (УХИИ)» 61023, г. Харьков, ул. Веснина, 7, Украина*¹ *Карчакова Валерия Валериевна, ст. научн. сотр. химического отдела, e-mail: lerakarchakova@gmail.com*

Изучены способы управления взаимодействием каменноугольных пеков с наполнителями при их спекании для обеспечения стабильного производства качественной электродной и углеграфитовой продукции.

Показано, что оптимальное смачивание пеками поверхности углеродных наполнителей является необходимым, но не достаточным условием получения прочного пекового композита. В качестве альтернативы предложено определять спекающую способность пекса по адгезионной прочности его взаимодействия с наполнителями при карбонизации. Показано, что модифицированный способ определения спекаемости «тек-углеродистый наполнитель» открывают возможность оперативно выявлять оптимальное соотношение в исходной смеси для конкретных компонентов в производственных условиях, нивелируя тем самым колебания качества поступающего на производство сырья.

На основании результатов электронно-микроскопических исследований показано, что пековые связующие в карбонизируемых композитах с углеродными наполнителями не образуют сплошной углеродный скелет.

Получены уравнения множественной регрессии для оценки связи показателей смачивающей и спекающей способности пеков марок Б₁ и В с параметрам технологического режима производства электродного связующего, а также с прочими качественными показателями полученных пеков.

Ключевые слова: каменноугольная смола, каменноугольный пек, электродное производство, связующее, наполнитель, смачиваемость, спекаемость, спекающая способность.

DOI: 10.31081/1681-309X-2018-0-4-46-56

Каменноугольные электродные пеки – продукт переработки каменноугольной смолы (КУС) – используются в производстве широкого спектра токопроводящих материалов и конструкционных элементов. К таковым относятся, например, аноды и анодные массы для производства алюминия, графитированные электроды для электроплавания стали, материалы для скользящих контактов и др. Основное назначение пека в таких производствах – выступать в качестве связующего для углеродистых наполнителей (последними служат главным образом электродные коксы на основе каменноугольной и сланцевой смол, а также нефтяного происхождения). Непременными стадиями обработки, которые проходят смеси наполнителя и связующего, является высоко-, а в ряде случаев – сверхвысокотемпературная обработка (до 1500–2500 °С). В результате образуется достаточно однородный материал с высоким содержанием углерода, низким удельным электросопротивлением и рядом других специфических свойств [1, 2].

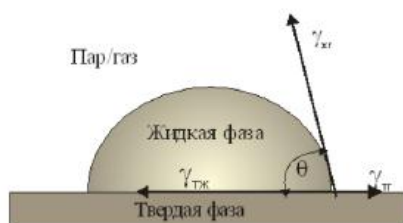
Требования различных фирм-потребителей к электродному пеку в значительной степени отличаются. При этом достаточно часто нормируются показатели, по мнению потребителей способные в той или иной мере численно характеризовать способность пека спекать зерна наполнителя. Наиболее часто для этой цели используется смачивающая способность. В то же время нельзя не признать, что до сих пор отсутствуют четкие представления о формировании комплекса потребительских свойств пека в процессе производства электродных связующих из исходного («сырого») среднетемпературного пека (СТП) и о физико-химической природе спекания пеков с углеродными наполнителями.

Это, в конечном счете, затрудняет получение электродных изделий с заданными прочностными свойствами.

Целью данной работы является изучение способов управления взаимодействием каменноугольных пеков с наполнителями при спекании, что представляется необходимым и актуальным для стабильного производства качественной электродной и углеграфитовой продукции.

Чаще всего для оценки взаимодействия пека с наполнителями используют показатель краевого угла смачивания [1]. Однако физические величины, характеризующие смачивание расплавом каменноугольного пека зерен наполнителя при температурах ниже 300 °С (т.е. в отсутствии условий для значимых термохимических превращений компонентов связующего), не учитывают изменения его адгезионного взаимодействия с наполнителями при последующем спекании. Кроме того, смачивающая способность пека по отношению к наполнителю никак не связана ни с количественным соотношением связующего и наполнителя, ни с дисперсностью (удельной поверхностью) последнего, а, как известно, прочность композитов существенно зависит от этих факторов [3]. Иными словами, высокий показатель смачиваемости поверхности углеродных наполнителей пеком является необходимым, но не достаточным условием получения прочного композитного материала на основе пека-связующего.

Таким образом, измерения контактного краевого угла смачивания для системы пек-наполнитель во всех случаях дает лишь ограниченную информацию о взаимодействии жидкого пека с твердым наполнителем (см. рис. 1, рис. 2).



Прочностные характеристики композита

$$\sigma_a = \frac{\sigma_c}{2} \cdot (1 + \cos\theta)$$

σ_a – адгезионная прочность

σ_c – когезионная прочность связующего

θ – контактный угол смачивания

Уравнение Юнга

$$\gamma_{тг} = \gamma_{тж} + \gamma_{жг} \cdot \cos\theta$$

$$\cos\theta = \frac{(\gamma_{тг} - \gamma_{тж})}{\gamma_{жг}}$$

Уравнение Дюпре

$$W_a = \gamma_{тг} + \gamma_{жг} - \gamma_{тж}$$

Работа адгезии

$$W_A = \frac{W_c}{2} \cdot (1 + \cos\theta)$$

Работа когезии

$$W_c = 2\gamma_{жг}$$

$\frac{1}{2} W_c < W_a < W_c$ – смачивание

$W_a < \frac{1}{2} W_c$ – несмачивание

Рис. 1 Краевой угол смачивания и адгезионная прочность углеродного композита

Пек марки В	Пек марки Б ₁	65,0 °С	Пек марки В	Пек марки Б ₁	75,0 °С
Пек марки В	Пек марки Б ₁	67,6 °С	Пек марки В	Пек марки Б ₁	83,5 °С
Пек марки В	Пек марки Б ₁	70,0 °С	Пек марки В	Пек марки Б ₁	90,7 °С
Пек марки	Уравнения	Скорость уменьшения краевого угла смачивания, град./°С	Коэффициент корреляции r	Коэффициент детерминации R ²	
Б ₁	y=758,4 – 10,3x	10,3	0,998	0,996	
В	y=380,2 – 3,52x	3,52	0,989	0,976	

Рис. 2 Динамика изменения формы капель пеков при повышении температуры

Как известно, пеки, так же, как и угли при нагревании без доступа воздуха образуют твердый коксовый остаток и могут запекать инертные материалы. Т.е., как и для углей, для пеков применимы выражения «спекаемость» (способность образовывать твердый остаток) и «спекающая способность» (способность запекать инертный материал). Именно эти свойства электродного связующего допустимо считать наиболее показательными с точки зрения применимости в производстве углеродистых композитных изделий по наиболее распространенным технологиям.

Все известные методы определения спекаемости и коксуюемости электродных и других

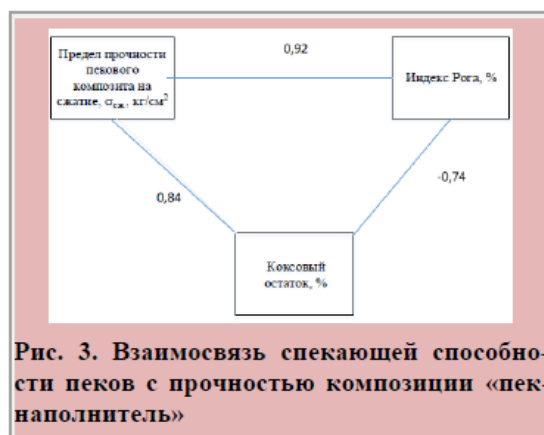
пеков, а также их способности запекать инертный материал являются попытками оценить адгезионную прочность в пекококсовых композициях [4].

Корреляционный анализ, проведенный нами, выявил взаимосвязь между значениями выхода коксового остатка пека-связующего и прочностными характеристиками – пределом прочности на сжатие и индексом Рога – карбонизированной композиции «пек-наполнитель». Существует также тесная связь между обоими прочностными показателями. Наглядно попарную связь измеряемых величин удобно представить с помощью корреляционного графа (табл. 1, рис. 3).

Таблица 1

Характеристики пеков-связующих и карбонизированных композиций «пек-наполнитель»

Образец пека	Характеристика пека		Прочностные характеристики карбонизированной композиции «пек-наполнитель»	
	температура размягчения (по К и С), °С	выход коксового остатка, %	предел прочности на сжатие, $\sigma_{сж}$, МПа	индекс Рога, R, %
1	66	37,0	61,0	38
2	75	47,0	42,5	32
3	75	45,5	28,0	30
4	84	35,0	57,0	34



В вершинах корреляционного графа (см. рис. 3) указаны измеряемые показатели, а над рёбрами, соединяющими вершины, – соответствующие значения коэффициентов корреляции.

Прочностные характеристики карбонизированных композиций на основе пека-связующего фактически адекватны наиболее важным показателям качества целого ряда технологичных и высоколиквидных электродных изделий. Поэтому разработка быстрого и информативного способа количественной оценки спекаемости и спекающей способности для конкретных пар «наполнитель-

связующее» открыла бы возможность оперативной корректировки технологического режима производства электродов (прежде всего – в плане направленного изменения соотношения компонентов электродной шихты) и снижения зависимости качества продукции от непостоянства свойств исходных материалов.

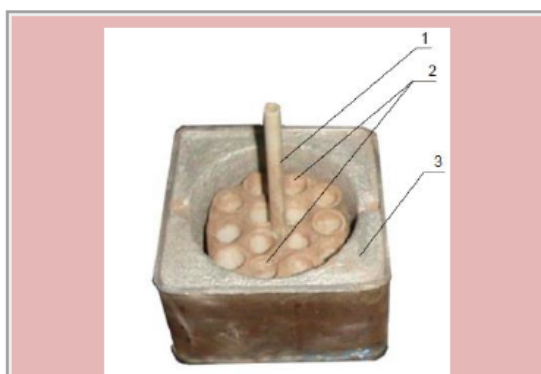


Рис. 4 Камера для карбонизации пековых композитов: 1 – трубка для термопары; 2 – ячейки (14 шт.) для загрузки смесей пека-наполнитель; 3 – корпус камеры

Для решения этой задачи нами был адаптирован метод определения спекаемости и спекающей способности углей и шихт, разработанный в ГП «УХИН» [5, 6]. Согласно этому методу показатели спекаемости и спекающей способности рассчитываются на основе измерения прочности на сдвиг цилиндрических образцов карбонизированного композита «связующее-наполнитель», полученных в специальных испытательных ячейках (рис. 4, 5).

Зависимости прочности полукоксов пековых композитов при различных соотношениях наполнитель-связующее имели вид экстремальной кривой (рис. 6). Известно [7], что вокруг частиц наполнителя образуется межфазный слой упорядоченной структуры. При малых концентрациях наполнителя в пековой матрице межфазные слои не являются самостоятельной фазой в объеме композита, спо-

собной влиять на его свойства. Упрочнение пекового композита (левая ветвь кривой на рис. 6) связано с тем, что в пековую матрицу вводится высокомодульный наполнитель, который снижает способность всей композиции к деформации. С повышением степени наполнения отдельные частицы наполнителя сближаются, и их граничные слои начинают взаимодействовать между собой, образуя между частицами пленочную структуру пековой матрицы.



Рис. 5 Устройство для испытания прочности пекококсовых композитов: 1 – регулировочный винт; 2 – ячейка для испытаний композитов на сдвиг; 3 – цифровой динамометр; 4 – индикатор «Сеть»; 5 – кнопка «Пуск»

Учитывая то, что межфазный слой является ориентированно-упорядоченной структурой [7], пленка отличается усиленной прочностью по сравнению со структурой остального объема пековой матрицы. Переход пековой матрицы в пленочную структуру является основным фактором упрочнения пековых композитов (рис. 7а). А соотношение наполнитель-связующее в этой точке является оптимальным. При дальнейшем увеличении доли наполнителя в композите (правая ветвь кривой на

рис. 6) пековой пленки не хватает на покрытие всей поверхности зерен наполнителя (Рис. 7b), она разделяется на отдельные фрагменты, что сопровождается резким снижением прочности конечно карбонизированного композита.

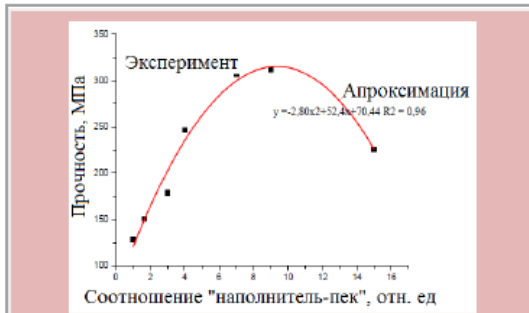


Рис. 6 Экспериментальные точки и аппроксимация уравнением параболы зависимости прочности пекового композита от количества в нем наполнителя

В реальных условиях формирования поверхности контакта наполнителя с жидким связующим значительную роль играют процессы диффузии адгезива в наполнитель. Часть пека может проникать в поверхностный слой наполнителя благодаря капиллярным явлениям.

Удаление летучих веществ из пека при его карбонизации также должно приводить к появлению усадочных напряжений и дефектов. В результате усадка приводит к разрыву пленки. То есть, карбонизированный до состояния полукокса пек может

не полностью покрывать поверхность наполнителя и не образовывать «углеродный скелет» [1, 8]. Прочность композитных материалов на основе пеков-связующих зависит не только от способности последних смачивать используемые в композициях наполнители, но и от количества наполнителя, его степени дисперсности, его структуры и активности физико-химического взаимодействия на границе фаз пек-наполнитель [3].



Рис. 7 Модель микроструктуры пекового композита: а – связующее в пленке на поверхности наполнителя; б – при дефиците пека: 1 – частицы наполнителя, 2 – пековая матрица (полукокс)

С целью изучения роли перечисленных факторов в нашей работе мы использовали в качестве наполнителей сланцевый кокс (К, К-Т), антрацит, кварцевый песок и стекло. Размеры частиц наполнителей 0,25-0,5 мм.

Таблица 2

Характеристики наполнителей

Наполнители для пековых композитов	Влага, %	Выход летучих веществ, %	Истинная плотность, d_n , г/см ³
К (кокс сланцевый)	3,0	0,8	1,53
К-Т (кокс сланцевый выдержанный при 200 °С в течении 2 ч)	0,9	0,5	2,0
Антрацит	9,0	5,5	1,65
Стекло	-	-	2,5
Песок	-	-	2,8

Характеристики товарных пеков, использованных нами в качестве связующих, приведены в табл. 3.

Таблица 3

Характеристики исследованных пеков

Показатели	Пек марки В	Пек марки Б ₁
Температура размягчения, °С	85,0	72
Выход летучих веществ, %	53,8	59
Массовая доля веществ, нерастворимых в хинолине α_1 , %	10,5	8,2
Массовая доля веществ, нерастворимых в толуоле α , %	33,2	28,2
Массовая доля золы, %	0,11	0,13
Массовая доля воды в твердом пеке, %, не более	4,0	4,0

Результаты испытаний композитов пеков и наполнителей на были подвергнуты математической обработке; в табл. 4 приведены уравнения кривых второго порядка, описывающие зависимость прочности полученных на установке рис. 4 карбонизированных образцов от соотношения

«пек-наполнитель» в исходных композитах, где x_1 , x_2 – массовая доля пека в композите, y – прочность карбонизированного образца (полукокса), R^2 – коэффициент детерминации взаимодействия $y = f(x)$.

Таблица 4

Зависимости прочности полукокса из пековых композитов

Наполнитель	Уравнения	R^2	Корни уравнений	
			x_1	x_2
К-Т	$y = -1,11x^2 + 11,9x + 117,52$	0,70	-6,2	17,0
К	$y = -1,54x^2 + 27,8x + 0,74$	0,76	0	18,1
Стекло	$y = -0,96x^2 + 15,35x + 2,64$	0,75	-0,2	16,2
Песок	$y = -4,75x^2 + 60,0x - 100,8$	0,99	2,0	10,6
Антрацит	$y = -2,80x^2 + 52,4x + 70,44$	0,96	-1,3	20,0

Отрицательные значения корней x_1 мы не рассматриваем, так как они не соответствуют условию задачи.

Физический смысл корней x_2 уравнения параболы – гипотетические соотношения наполнитель-связующее, при которых прочность карбонизированного образца становится равной нулю. Показатель x_2 можно использовать как условную меру спекающей способности пека (т.е. его способности запекать максимально возможное количество наполнителя). Этот же показатель характеризует наполнители по активности их адгезионного взаимодействия с пеком (пековой матрицей). То есть, показатель активности наполнителя есть величина, обратная спекающей способности пека [4]. По этому показателю наполнители располагаются (по

убыванию) в ряду: антрацит – кокс – термообработанный кокс – стекло – песок.

Оценкой взаимодействия наполнителей с пеками может служить работа разрушения композитов. Работа разрушения – это энергия, затрачиваемая на разрушение композита, т.е. на преодоление сил сцепления между пековой матрицей и наполнителем, в нашем случае сил спекания. Этот показатель можно принять за показатель спекающей способности пеков. Данное определение термина «спекающая способность» имеет вполне определенный физический смысл, в отличие от принятого в углехимии: «спекающая способность – свойство запекать то или иное количество инертного материала» [8].

В нашем случае работа разрушения (W , у.е.) будет равняться площади под параболой:

$$W = \int_{x_1}^{x_2} (ax^2 + bx + c) dx \quad (1).$$

Уравнение (1) после несложных преобразований дает формулу для расчета работы разрушения пековых композитов:

$$W = \frac{a}{3} (x_2^3 - x_1^3) + \frac{b}{2} (x_2^2 - x_1^2) + c(x_2 - x_1) \quad (2).$$

Наиболее активное адгезионное взаимодействие наблюдали в паре пек-антрацит (табл. 5, рис. 8).

Таблица 5

Работа разрушения полукокса из пековых композитов

Наполнитель пекового композита	Координаты максимума		Работа разрушения, W, усл. ед.
	x ₀ , усл. ед.	y ₀ , МПа	
К-Т	5,4	149,4	2417,5
К	9,0	126,2	1602,3
Стекло	8,0	64,0	646,6
Песок	6,3	88,7	498,1
Антрацит	9,4	315,6	4468,6



Рис. 8 Спекающая способность пека по отношению к различным наполнителям

Вышеприведенные результаты доказывают, что спекающая способность пеков не является постоянной (фундаментальной) величиной, а зависит от адгезионного взаимодействия с наполнителем.

Представленная нами модель (рис. 7) противоречит общепринятому в специальной литературе положению о так называемом углеродном или коксовом «скелете», т.е. о трехмерной сетчатой единой структуре, которую связующее (пек) образует вокруг частиц наполнителя при карбонизации и прочность которой якобы определяет прочность карбонизованного композита (а, следовательно, и готового изделия) [8].

Четкой границы между межфазным слоем и пековой матрицей не существует, но установлено, что обычно надмолекулярная организация межфазного слоя отличается от надмолекулярной ор-

ганизации связующего, заполняющего остальной объем матрицы [7].



Рис. 9 Структура поверхности наполнителя (СЭМ): а, б – сланцевый кокс; с – пековый кокс; д – антрацит

Данное предположение подтверждается детальным изучением образцов карбонизованных композитов (полукокс) по снимкам, полученным на сканирующем электронном (СЭМ) и оптическом (ОМ) микроскопах (рис. 9-11).

При нагревании пека, используемого как связующее, происходит сначала его размягчение, плавление и смачивание пеком поверхности зерен наполнителя. При этом часть связующего пропитывает поры наполнителя, а часть (в зависимости от характера поверхности наполнителя) образует на поверхности зерен локальные участки жидкофазной пленки, которые при достаточном

объемном соотношении «пек-наполнитель» могут смываться. На рис. 9 хорошо видны пековые «спайки» между зернами сланцевого кокса, используемого в качестве наполнителя в соотношении со связующим по массе соответственно 4:1. Оптическая микроскопия также показывает наличие соединительных «спаек» (области, обозначенные цифрой 1) между зернами наполнителя (рис. 11).



Рис. 10 Композиты пека со сланцевым коксом (СЭМ, температура смещения 200 °С): а – с пеком марки B₁; б – с пеком марки B



Рис. 11 Поверхность пековых композитов со сланцевым коксом (карбонизация при 500 °С): а, б – пек марки B₁, с – пек марки B (СЭМ); д – пек марки B (ОМ, поляризованный свет)

На снимках поверхности композитов на основе сланцевого кокса и пеков марок B₁ и B, сделанных при помощи сканирующего электронного микроскопа, хорошо видно, что не существует сплошного «углеродного скелета», а полукокс из пека-связующего присутствует в виде межзерновых «спаек» и пластинчатых фрагментов на поверхности зерен наполнителя.

Полученные результаты и модифицированный нами способ определения спекающей способности открывают возможность оперативно выявлять оптимальное

соотношение в исходной смеси для конкретных компонентов в производственных условиях, нивелируя тем самым колебания качества поступающего на производство сырья.

Еще одним направлением оптимизации процесса производства электродной и др. видов композитной продукции на основе пека-связующего является улучшение смачиваемости и спекающей способности последнего по отношению к углеродным наполнителям. Наиболее перспективным путём такого улучшения представляется корректировка технологических параметров процесса производства электродного связующего из среднетемпературного пека.

В качестве отправной точки целесообразно классифицировать совокупность параметров, влияющих на основные свойства каменноугольного пека в плане их «вклада» в формирование вышеуказанных свойств каменноугольного электродного связующего. Здесь необходимо отметить, что имеющиеся в специальной работе данные по этому конкретному вопросу носят случайный характер и в большинстве своем устарели.

Для достижения поставленной цели нами была построена статистическая модель, включающая оценку влияния технологических факторов (как каждого в отдельности, так и комплексное влияние) на моделируемый показатель или набор показателей. Эта задача решается путем построения многомерной модели, позволяющей провести анализ связи переменной как функции одного или нескольких факторов (множественная регрессия).

В качестве моделируемых показателей нами были приняты смачивающая способность товарного пека по действующей методике ЧАО «Укрграфит» и его спекающая способность согласно предложенному нами методу. Расчеты проводили при помощи программных пакетов MS Excel и Origin Pro.

Факторы, включенные во множественную регрессию, были количественно измеримы и не находились в строгой функциональной связи. Включение в модель факторов с высокой взаимной корреляцией влечет за собой неустойчивость и ненадежность оценок коэффициентов регрессии [9].

Был проведен анализ данных, полученных при производстве пека марки B. Для обработки были отобраны следующие факторы: температура жидкой фазы и температура парогазовой фазы в кубе-реакторе. Расход воздуха был исключен, как и ряд других постоянных факторов.

При проведении многофакторного регрессионного анализа определяли:

- регрессионную зависимость;
- коэффициент множественной корреляции r ;
- соответствующий коэффициент детерминации R^2 ;
- значимость регрессионной модели;
- коэффициенты регрессии и уровни их значимости.

Установлено, что полнофакторные модели наиболее точно описывают связи между факторами и смачивающей способностью пеков и их спекаемостью, несмотря на наличие мультиколлинеарности между факторами.

Проведенный регрессионный анализ влияния режимов получения пека марки В на показатель смачивающей способности дал следующий результат:

$$y = 1,68 + 7,44 \cdot 10^{-4} x_1 - 1,84 \cdot 10^{-3} x_2 \quad (3)$$

Аналогичный анализ для пека марки Б₁ для смачивающей способности пека дает следующее уравнение регрессии:

$$y = 0,63 + 3,07 \cdot 10^{-4} x_1 - 4,8 \cdot 10^{-3} x_2 \quad (4)$$

Следует, однако, отметить, что приведенные уравнения не могут служить эталонными для товарного пека без учета качественных показателей смолы, поступающей на переработку.

Выводы

1. Показано, что оптимальное смачивание пеками поверхности углеродных наполнителей является необходимым, но не достаточным условием получения прочного пекового композита. Т.о. оценка качества пека по смачивающей способности по отношению к конкретному углеродистому наполнителю недостаточна для прогнозирования качества карбонизированного пекового композита, потому что не связана ни с количеством наполнителя, ни с его дисперсностью. Смачивание наполнителя пеком – только начальное условие благоприятного протекания процесса изготовления композитного карбонизированного материала, но этот показатель не может дать представления о способности пека образовывать углеродистую структуру на поверхности зерен наполнителя, то есть о его способности спекается и запекать наполнитель.

2. В качестве альтернативы предложено определять спекающую способность пека по адгезионной прочности его взаимодействия с наполнителями при карбонизации.

3. Доказано, что спекающая способность пеков не является постоянным (фундаментальным) свойством связующего и зависит от адгезионного взаимодействия пека с наполнителями. Показано, что модифицированный нами способ определения спекаемости «пек-углеродистый наполнитель» открывают возможность оперативно выявлять оптимальное соотношение в ис-

ходной смеси для конкретных компонентов в производственных условиях, нивелируя тем самым колебания качества поступающего на производство сырья.

4. На основании результатов электронно-микроскопических исследований показано, что пековые связующие в карбонизируемых композитах с углеродными наполнителями не образуют сплошной углеродный скелет.

5. Получены уравнения множественной регрессии для оценки связи показателей смачивающей и спекающей способности пеков марок Б₁ и В с параметрам технологического режима производства электродного связующего, а также с прочими качественными показателями полученных пеков, которые являются адекватными с учетом свойств исходной каменноугольной смолы. Установлено, что полнофакторные модели наиболее точно описывают связи между технологическим факторами и смачивающей и спекающей способностью электродных пеков.

Библиографический список

1. Пиплюлин И.Н. Научно-технологические основы создания каменноугольных углеродсодержащих материалов для крупногабаритных электродов / И.Н. Пиплюлин – Харьков: ИПЦ «Контраст», 2004. – 480 с.
2. Клешина Г.Г. Проблемы современного отечественного производства электродного каменноугольного пека / Г.Г.Клешина, Ф.Ф.Чеико, И.Н.Пиплюлин // УглеХимический журнал. – 2006. – № 5-6. – С. 63-67.
3. Киселёва О.А. Полиструктурная теория прочности композиционных материалов / О.А. Киселёва // [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tstu.ru/book/elib2/pdf/2013/kiseleva.pdf>.
4. Karchakova V.V. Determining the filler activity in the sintering of pitch composites / V.V. Karchakova, A.V. Pokhilko, V.M. Shmalko. // Coke and Chemistry. – 2014. – V. 57. – № 1. P 24-29. DOI: 10.3103/S1068364X14010025
5. Шмалько В.М. Метод визначення стікливої та стікливої здатності сировини для коксування. теоретичні аспекти. // В.М. Шмалько, М.А. Соловйов // УглеХимический журнал. – 2007. – № 6. – С. 7-13.
6. Шмалько В.М. Теоретические основы разработки нового способа определения спекаемости и спекающей способности уплотненных углей и шист / В.М. Шмалько, М.А. Соловьев // Кокс и химия. – 2009. – № 2. – С. 2-8.
7. Нижегородов В.В. Структурная гетерогенность эпоксидной матрицы в однонаправленном стеклопластике / Материалы 77-й международной научно-технической конференции АИИ «Автомобиле- и тракторостроение в России: приоритеты развития и подготовка кадров».



Секция 9. Техническая физика. 7-28 марта 2012 г. – Москва: МГТУ «МАМИ» – С. 57-62

8. Скляр М.Г. Об уморадоцении терминологии в области спекания углей и коксообразования / М.Г. Скляр, Л.Л. Нестеренко // Кокс и химия, – 1977. – № 4. – С. 54-57.

9. Рубчевский В.Н. Влияние технологических параметров процесса коксования на формирование качества смолы

для производства электродного пека / В.Н. Рубчевский, С.А. Овчинникова, В.М. Волох, Р.А. Бегма, Л.П. Банников, В.В. Карчакова // Кокс и химия – 2014. – № 4. – С. 33-37.

Рукопись поступила в редакцию 12.07.2018

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL PRINCIPLES OF OPERATION WITH THE SINTERING ABILITY OF ELECTRODE PITCH

© V.V. Karchakova (SE "UKHN")

Methods of controlling the interaction of coal tar pitch with fillers during sintering have been studied in order to ensure the stable production of high quality electrode and graphite products.

It is shown that optimum wetting with pitches of the carbon fillers surface is a necessary but not sufficient condition for obtaining a solid pitch composite. As an alternative, it is proposed to determine the sintering ability of the pitch by the adhesive strength of its interaction with the fillers during carbonization. It has been shown that the modified method for determining the sinterability of a "pitch-carbon filler" opens up the possibility of promptly detecting the optimal ratio in the initial mixture for specific components under production conditions, thus reducing the fluctuations in the quality of the raw material being supplied to the production.

Based on the results of electron microscopic studies, it was shown that pitch binders in composites with carbon fillers do not form a solid carbon skeleton.

The multiple regression equations for the estimation of the bond between the indicators of wetting and sintering ability of the industrial electrode pitches with the parameters of the production mode of the electrode binder, as well as with other qualitative indices of the obtained pitches, were obtained. It has been shown that the wetting and sintering ability of electrode pitch can be adjusted within a sufficiently wide range by introducing plasticizers of carbonaceous origin, having a high affinity for the components of the pitch.

Keywords: coal tar pitch, electrode production, binder, filler, wettability, caking, sintering capacity

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИНЦИПІВ УПРАВЛІННЯ СПІКЛИВОЮ ЗДАТНІСТЮ ЕЛЕКТРОДНИХ КАМ'ЯНОВУГІЛЬНИХ ПЕКІВ

© В.В. Карчакова (ДП «УХІН»)

Вивчено способи управління взаємодією кам'яновугільних пеків з наповнювачами під час їх спікання для забезпечення стабільного виробництва якісної електротехнічної та вуглеграфітної продукції.

Показано, що оптимальне змочування на поверхні вуглецевих наповнювачів є необхідною, але не достатньою умовою отримання міцної пекової композиції. В якості альтернативи пропонується визначити запікаючу здатність пеку за адгезійною міцністю його взаємодії з наповнювачами при карбонізації. Показано, що модифікований спосіб визначення складу "пек-вуглецевий наповнювач" відкриває можливість оперативно виявляти оптимальне співвідношення в вихідній суміші для конкретних компонентів у виробничих умовах, вирівнюючи тим самим по собі якість сировини, яка поступає у виробництво.

На підставі результатів електронно-мікроскопічних досліджень показано, що пекові зв'язки з вуглецевими наповнювачами в композиціях, що карбонізують, не утворюють суцільну вуглецевий скелет.

Отримані рівняння множинної регресії для оцінки зв'язків показників змочуючої та спікливої здатності пеків марок Б₁ і В із параметрами технологічного режиму виробництва електродного зв'язуючого, а також з іншими якісними показниками отриманих пеків. Показано, що змочувальна і спіклива здатність електродних пеків можна в досить широкій межі коригувати шляхом внесення пластифікаторів кам'яно-вугільного походження, що володіють високим ступенем спорідненості з компонентами пеку.

Ключові слова: кам'яновугільна смола, кам'яновугільний пек, електродне виробництво, зв'язуюче, наповнювач, змочуваність, спікливість, спіклива здатність