

обеспечивающего комплексную сортировку и переработку отходов, и недостаточная поддержка местных инициатив по отдельному сбору отдельных категорий отходов.

Проведённые автором маркетинговые исследования позволили определить примерный перечень предприятий-потребителей конечной продукции предлагаемого производства, а именно макулатуры, стеклобоя, полимеров, чёрных и цветных металлов.

Суммируя сказанное, можно утверждать, что комплекс сортировки и прессования ТБО – это не просто очередная идея для бизнеса, это реальная необходимость, обусловленная сложившимися условиями в г. Харькове. Это реальный проект и программа как в области защиты окружающей среды, так и в области повышения уровня экологического сознания и культуры у граждан нашего города и страны. Ведь только комплексный подход органов управления и населения при надёжной технологической и финансовой поддержке может обеспечить решение проблемы отходов в Украине.

**Список литературы:** 1. *Мищенко В.С.* Організаційно-економічний механізм поводження з відходами та шляхи його вдосконалення / В.С. Міщенко, Г.П.Виговська. – К.:Наукова думка, 2009. – 295с. 2. *Коваленко А.М.* Методология обращения с отходами: [монограф.] / Коваленко А.М. – Харьков: Підручник НТУ-ХПІ, 2010. – 207 с. 3. *Коваленко А.М.* Отходы в аспекте экологических проблем Украины/ А.М. Коваленко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №5/5(41). – С. 45-49. 4. *Коваленко А.М.* Методологические аспекты защиты окружающей среды от отходов / А.М. Коваленко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2010. – №4/8. – С.28-32. 5. Твёрдые бытовые отходы. Технологии и оборудование. Проблемы и решения: [учеб.пособ. для студ. высш. учеб. завед.] / А.М. Касимов, А.М. Коваленко, В.Т. Семёнов, А.Н. Александров. – Харьков: ХНАГХ, 2006. – 301с. 6. *Касимов А. М.* Управление опасными промышленными отходами. Современные проблемы и решения / Касимов А. М., Тобажнянский Л. Л., Тошинский В. И. – Х.: Изд. Дом НТУ «ХПИ», 2009. – 500с. 7. *Пономарёв М. В.* Комментарий к ФЗ «Об отходах производства и потребления» / М. В. Пономарёв, Н. В. Кичигин, Н. А. Енисейская. – М.: Деловой двор, 2009. – 232с.

*Поступила в редколлегию 12.10.2011*

**УДК 621.3.036:661.666.2**

***И.А. НАЗАРЕНКО***, ассист., ЗГИА, Запорожье

## **К ВОПРОСУ О ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ ПЕКА**

В работе рассмотрены вопросы, связанные с применением пека в качестве связующего вещества в графитовом производстве. Приведены и обобщены сведения о свойствах пека. Проведен анализ влияния температуры нагрева на основные теплофизические и технологические свойства пека различных марок.

Ключевые слова: пек, хинолин, вязкость.

У роботі розглянуті питання, зв'язані із застосуванням пеку у якості зв'язуючої речовини, в графітовому виробництві. Приведені і узагальнені відомості про властивості пека. Проведений аналіз впливу температури нагріву на основні теплофізичні і технологічні властивості пека різних марок.

Ключові слова: пік, хінолін, в'язкість.

Questions, with the use of pitch as a connective matter in a graphite production, are in-process considered. Resulted and generalized taking about properties of pitch. The analysis of influence of temperature of heating on basic thermophysical and technological properties of pitch of different brands is conducted.

Keywords: stove, quinoline, viscosity

## 1. Характеристики пеков, производимых в СНГ

Одним из основных потребителей графитированных электродов является электросталеплавильная промышленность. Повышение требований к качеству электродов для мощных сталеплавильных печей и эксплуатации их при больших токовых нагрузках влечет за собой и более высокие требования к качеству каменноугольного пека. Каменноугольный пек является единственным видом связующего компонента для производства анодной массы, графитированных электродов, конструкционных и других материалов. На сегодняшний день технические характеристики каменноугольного электродного пека должны соответствовать требованиям ГОСТ-10200-83 (таблица №1). В соответствии с этими требованиями пек выпускают трех марок А, Б, В, которые различаются по температуре размягчения [1].

Таблица 1. Пек каменноугольный электродный ГОСТ 10200-83

Показатели	Нормы для марок			
	А	Б	Б <sub>1</sub>	В
1. Внешний вид	Расплавленный пек или твердый в виде гранул			
2. Температура размягчения, °С	65-70	67-73	72-76	85-90
3. Массовая доля веществ, нерастворимых в толуоле, %	24-28	25-31	26-31	≥ 31
4. Массовая доля веществ, нерастворимых в хинолине, %	7	8	10	12
5. Выход летучих веществ, %	59-63	58-62	≤ 59	53-57
6. Зольность, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3
7. Массовая доля воды в твердом пеке, %, не более	4,0	4,0	4,0	4,0

Выход коксового остатка обуславливает качество изделий – их пористость, механическую прочность, влияет на расходный коэффициент сырья на единицу готовой продукции, поэтому для получения анодной массы высшего сорта необходимо использовать пек с высоким выходом кокса (65-69%). Содержание золы должно быть не более 0,5%, т.к зольность сказывается на зольности готовой продукции. Чем выше температура размягчения и ниже зольность, тем лучшим сырьем для коксования считается пек. Так, температура размягчения характеризует пластические свойства пека, ею определяется температурный режим процесса производства электродных изделий на разных стадиях.

В качестве связующего вещества при производстве анодной массы применяется также среднетемпературный пек, полученный из смолы повышенной пиролизованности в непрерывном процессе дистилляции. Качество этого пека регламентируется требованиями ТУ 14-7-83-86. Качество пеков для

других целей (кроме электродного пека) регламентирует ГОСТ 1038-75. Он предполагает получение среднетемпературного пека марок А и Б, а также высокотемпературного пека для получения пекового кокса.

На смолоперерабатывающих заводах вырабатывается, в основном, среднетемпературный пек и в меньших количествах — низкотемпературный. Последний, используется для приготовления жидких топлив, дорожных дегтей или самостоятельно используется в дорожном строительстве. Среднетемпературный пек марок А и Б в больших количествах используется при производстве разнообразных видов топлив, при брикетировании угля, в производстве строительных материалов, ленточной массы для доменных печей. Наряду со среднетемпературным пекком при изготовлении электроугольных изделий и углеродистых конструкционных материалов в качестве связующего применяют высокотемпературный пек (температура размягчения выше 100°С). Он должен соответствовать требованиям ТУ 14-6-84-72. Характеристики высокотемпературных пекков производимых на ряде предприятий СНГ представлены в таблице 2.

Таблица 2. Характеристики высокотемпературного пека, производимого в СНГ

Предприятие	Температура размягчения, °С	Содержание фракций, %		Выход летучих, %	Коксовый остаток, %
		$\alpha_1$	$\alpha_2$		
Запорожкокс	140	29,6	17,2	50,5	64,2
Северсталь	142	30,3	18,4	48,8	66,3
Миттал Стил Темиртау	140	30,5	14,0	54,6	60,8

В электродном производстве для пропитки графитовых электродов применяют каменноугольный пропиточный пек, соответствующий требованиям ТУ 14-7-70-80 [2]. Регламентируются также требования к высокотемпературному пекку, применяемому для доменных огнеупорных масс (ТУ 14-6-128-75) и для производства анодной массы (ТУ 14-6-65-85). Таким образом, регламентируются несколько марок высокотемпературного пека, используемого при производстве различных видов продукции: для выпуска пекового кокса, в качестве связующего при выпуске анодной массы, конструкционных и углеграфитовых изделий, доменных и огнеупорных масс.

## 2. Технологические и теплофизические свойства пекков

Наиболее важными для технологических целей свойствами пека являются плотность, вязкость, поверхностное натяжение, смачиваемость, термостабильность, спекаемость, а также способность давать коксовый остаток. Эти свойства у пекков с разной температурой размягчения (от 60 до 300° С) неодинаковы и зависят от качества сырья и условий получения пека [3].

Различия в условиях получения и характеристике сырья особенно отражаются на таких показателях, как плотность, выход веществ, нерастворимых в толуоле и хинолине. При этом пеки с одинаковой температурой размягчения, но полученные в не идентичных условиях — при разных температурах, давлении,

продолжительности нагрева и т.п. - могут иметь различную плотность и величину нерастворимого остатка.

Плотность каменноугольных пеков, полученных в аналогичных условиях, изменяется с повышением температуры размягчения по практически линейному закону (рис. 1) [4]. С повышением температуры нагрева подобная линейная зависимость плотности от температуры размягчения пека сохраняется. Как показано на рисунке 2, прямые плотности пеков при этом смещены параллельно друг другу [4].

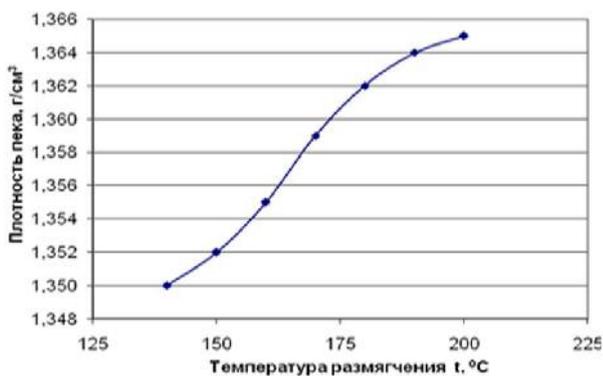


Рис. 1. Зависимость плотности пека от температуры размягчения

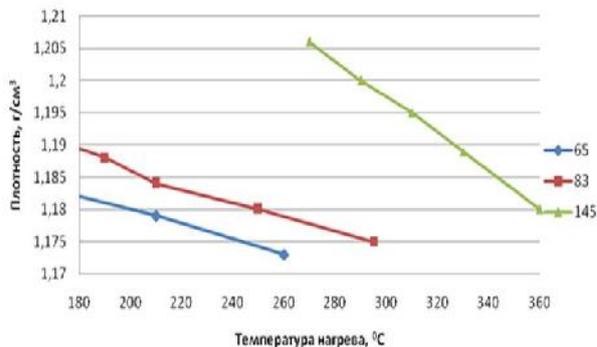


Рис. 2. Зависимость плотности марок пеков с различной температурой размягчения от температуры нагрева

Для получения максимального количества изделий на единицу объема связующего желательно иметь пек большой плотностью ( $\rho \geq 1,18$  г/см<sup>3</sup>). Плотность пека также характеризует его способность к коксообразованию.

Весьма важное для практики и, представляющее теоретический интерес, свойство пека — вязкость. Знание ее необходимо для изучения распределения связующего материала при смешении с наполнителем, а также в процессе прессования электродных изделий [4]. Вязкость каменноугольного пека независимо от температуры размягчения определяется температурой нагрева и свойствами пека, причем для вязкости характерно резкое изменение значений в определенных температурных интервалах нагрева (рис. 3).

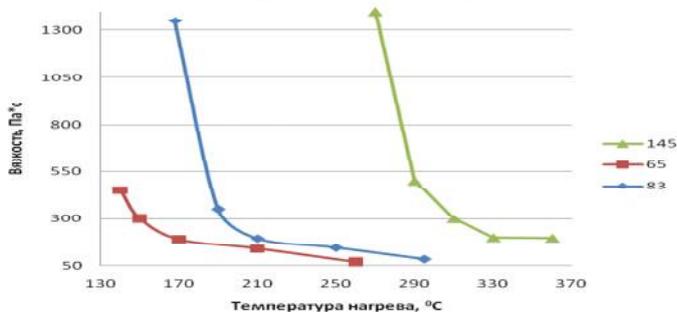


Рис. 3. Зависимость вязкости пеков с различной температурой размягчения от температуры нагрева

Важно, чтобы связующее вещество имело надлежащую вязкость в аноде, т.е. чтобы вещество было достаточно текучим при низкой температуре и, в то же время, достаточно вязким при самой высокой температуре, чтобы связующее не стекало с частиц углеродистого материала

Каменноугольный пек может находиться в различных структурно-реологических состояниях. Например, пек с температурой размягчения 65-90°C при низких температурах 80-170°C представляет собой пластично-текучую массу, текучесть которой ограничивается определенным интервалом текучести и эффективной вязкостью. При повышении температуры нагрева и механическом

воздействии пек переходит в состояние жидкости Ньютона, текучие свойства которого определяются только вязкостью.

Температурная зависимость вязкости пеков подчиняется уравнению Аррениуса [5].

При производстве электродных изделий и анодных масс, в процессе смешения сухой шихты и пека многие явления, происходящие на границе раздела фаз, определяются поверхностными свойствами связующего (рис. 4). С ростом

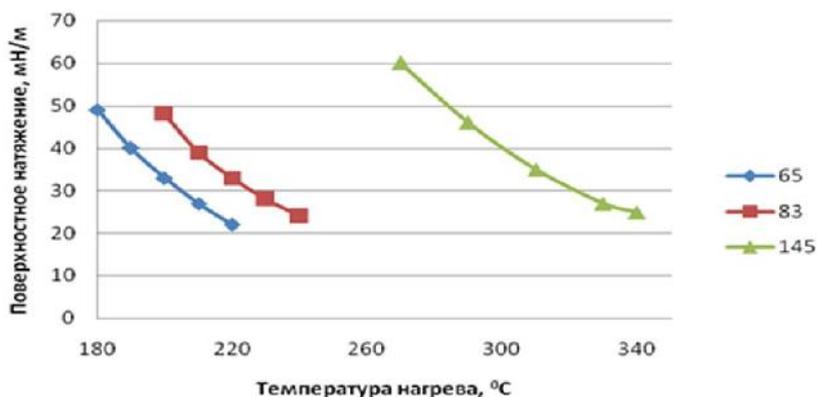


Рис. 4. Зависимость поверхностного натяжения пеков с различной температурой размягчения от температуры нагрева

температуры размягчения поверхностное натяжение пека повышается.

Капиллярное давление, так же как и поверхностное натяжение, в процессе нагревания пеков изменяется неравномерно. Оно характеризует степень пропитки связующим материалом компонентов шихты (например, анодной массы). С повышением температуры размягчения пеков капиллярное давление меньше, что обуславливает и худшую пропитываемость, которая может приводить к увеличению прослойки связующего между зёрнами углеродистого материала [4]. Другие исследователи [5] считают, что с изменением температуры нагрева коэффициент поверхностного натяжения пеков изменяется линейно. По-видимому, это противоречие объясняется различиями в способах определения поверхностного натяжения.

Пек относится к плохим тепловым проводникам, что видно из приведенных в таблице 4 значений коэффициента теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·К) [4].

Таблица 4. Зависимость коэффициента теплопроводности высокотемпературного пека от температуры нагрева

$t_n, ^\circ\text{C}$	68,8	168,0	202,2	270,0
$\lambda, \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$	0,1316	0,1546	0,1605	0,1697

Данное теплофизическое свойство непосредственно влияет на процесс нагрева пека в емкости при его хранении. Низкие значения коэффициента теплопроводности (0,16 Вт/(м·К)) даже при высоких температурах нагрева (200 °С) приводят к низкой интенсивности процесса передачи теплоты в резервуарах. Поэтому необходимо разрабатывать мероприятия по интенсификации теплообмена в резервуарах хранения высоковязких жидкостей. К таким мероприятиям можно отнести циркуляционный нагрев.

Теплоемкость пека также невелика, о чем свидетельствуют данные таблицы 5. [4].

Таблица 5. Зависимость теплоемкости ( $c_p$ ) пеков от температуры нагрева ( $t_n$ ) и размягчения

Температура размягчения, °С					
63		98,3		154,4	
$t_n, ^\circ\text{C}$	$c, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$c, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$c, \text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
88,3	1358	127,7	1550	195,0	1693
111,1	1492	146,0	1571	211,7	1697
132,2	1550	167,7	1693	237,8	1845
150,6	1659	196,0	1772	256,7	1894
171,7	1760	206,7	1835	277,7	1957
191,7	1814	217,2	1877	294,4	2045
212,2	1860	225,5	1990	317,7	2011

Невысокие значения теплоемкости пеков различных марок, ведут к повышению энергозатрат для поддержания постоянной температуры пека, которая регламентируется технологическими условиями и маркой пека. Как следствие, необходимо разрабатывать технические решения по поддержанию заданной температуры: применение современной теплоизоляции или применить другой вид нагрева электронагрев или циркуляционный.

У пека нет точной температуры плавления, ее заменяет температурный интервал размягчения, т.е переход из твердого состояния в жидкое.

Этот интервал находится между температурой, при которой пек теряет свою хрупкость, и температурой переход в жидкое состояние: он составляет 30-40 °С для среднетемпературного и 60-70 °С - для высокотемпературного пека.

Одно из характерных свойств пека – текучесть при температурах ниже

температуры размягчения. Изменение текучести в зависимости от температуры нагрева представлено на рис. 5 [4].

Из прочих свойств пека, имеющих практическое значение, можно отметить температуру вспышки, которая возрастает с повышением температуры размягчения. Для среднетемпературных пеков она составляет 200-250 °С, а для высокотемпературных пеков 360-400 °С [5].

### Выводы

Многообразие областей применения пеков определяет и различающиеся требования к его качеству. Что бы связующее не стекало с частиц углеродистого материала, поэтому предпочитается пек с низким температурным коэффициентом вязкости. Важно, чтобы пек сильно не дымил в оболочке анода,

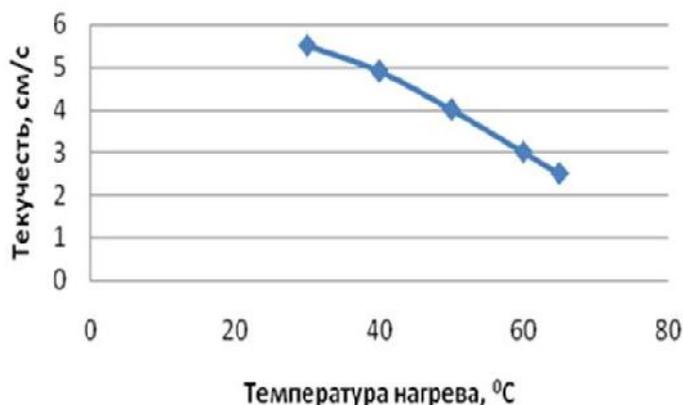


Рис. 5. Изменение текучести в зависимости от температуры нагрева

для чего обычно ограничивается количество летучего материала (не более 60%), которое отгоняется из пека при температуре ниже 300° С.

Для получения максимального количества изделий на единицу объема связующего желателно иметь пек большой плотностью и ( $\rho \geq 1,18 \text{ г/см}^3$ ) и с высоким выходом кокса (65-69%). Содержание золы должно быть не более 0,5% и влаги не более 3%. Каменноугольные пеки из смол, получаемых при коксовании угля при высокой температуре, соответствуют всем указанным выше требованиям и наиболее подходят для применения в качестве связующего. Все приведенные показатели отражают технологические свойства пека, определяющие его поведение при использовании в качестве электродного связующего.

Таким образом, важно обеспечить постоянство требуемых теплофизических и технологических свойств пека путем создания соответствующего температурного режима при его хранении и транспортировке. Несоблюдение данных требований приведет к ухудшению качества конечной продукции.

**Список литературы:** 1. Обзор рынка каменноугольного пека в СНГ [Электронный ресурс].— Режим доступа : \www/ URL: <http://infomine.ru> - 10.09.2010 г. — Загл. с экрана. 2. Санников А.К. Экономика и производство углеграфитовых изделий./ Санников А.К., Бабенко Э.М., Гладышева Л.Н., Левин И.С. Челябинск: Южно – Уральское книжное изд-во, 1969. - 164с. 3. Авдеенко М.А. Конструкционные материалы и изделия на основе углерода. /Авдеенко М.А., Белогорский В.Д, Багров Г.Н. и др. М.: Металлургия, 1970. – 64с. 4. Привалов В. Е. Каменноугольный пек./ В. Е. Привалов, М. А.Степаненко. М.: Металлургия, 1981. – 387с. 5. Хайрудинов И.Р. и др. Опыт производства и применения нефтяных пеков. Тематический обзор. М.: ЦНИИТЭНеф-техим, 1994. - 48 с.

*Поступила в редколлегию 13.10.2011*

**УДК 622.793.5;669.2**

**Т.О. ШАБЛИЙ**, канд. техн. наук, доц., НТУУ “КПІ”, Київ

**В.В. РИСУХІН**, директор ТОВ «Технології природи», Алчевськ

**М.Д. ГОМЕЛЯ**, докт. техн. наук, проф., зав. каф., НТУУ “КПІ”, Київ

## **ОЧИЩЕННЯ МІНЕРАЛІЗОВАНИХ СТІЧНИХ ВОД ВІД СУЛЬФАТІВ ТА ЇХ ПОМ’ЯКШЕННЯ**

Приведено результати досліджень по очищенню розчинів від сульфатів з одночасним пом’якшенням води при використанні вапна та металевого алюмінію. Показано, що при високій ефективності очищення води від сульфатів перевагою методу є відсутність вторинного забруднення води при невисокій витраті реагентів.

Ключові слова: сульфати, металевий алюміній, мінералізовані води, пом’якшення води

Приведены результаты исследований по очистке растворов от сульфатов с одновременным умягчением воды при использовании извести и металлического алюминия. Показано, что при высокой эффективности очистки воды от сульфатов преимуществом метода является отсутствие вторичного загрязнения воды при невысоком расходе реагентов.

Ключевые слова: сульфаты, металлический алюминий, минерализованные воды, умягчение воды