

УДК 662.749.33 © А.В. Неведров✉, А.В. Папин, В.В. Тихонов, 2025

UDC 662.749.33 © A.V. Nevedrov✉, A.V. Papin, V.V. Tikhonov, 2025

ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия
✉ e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
Kemerovo, 650000, Russian Federation
✉ e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Исследование влияния условий перегонки каменноугольной смолы на коксовое число получаемого пека*

Research on the effects of coal tar distillation conditions on the coke number of the product obtained

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2025-12-23-26>

Были проведены исследования по получению каменноугольного пека методом атмосферной перегонки каменноугольной смолы. Для полученных образцов пека были определены качественные характеристики, которые являются основными для применения пека в качестве связующего материала в электродном производстве в соответствии с ГОСТ 10200-2017 «Пек каменноугольный электродный. Технические условия». Одной из наиболее важных характеристик электродного пека является коксовое число. Было изучено влияние температурного режима атмосферной перегонки каменноугольной смолы и времени изотермической выдержки пека на коксовое число пека. Выявлена взаимосвязь между коксовым числом пека и его температурой размягчения, групповым составом, а также выходом летучих веществ из пека.

Ключевые слова: каменноугольная смола, каменноугольный пек, атмосферная перегонка, электродное производство.

Для цитирования: Неведров А.В., Папин А.В., Тихонов В.В. Исследование влияния условий перегонки каменноугольной смолы на коксовое число получаемого пека // Уголь. 2025;(12):23-26. DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-23-26.

Abstract

Studies have been conducted on the production of coal pitch by atmospheric distillation of coal tar. For the obtained pitch samples, the qualitative characteristics were determined, which are the main ones for the use of pitch as a binder in electrode production in accordance with GOST 10200-2017 "Coal-fired electrode pitch. Technical specifications". One of the most important characteristics of the electrode pitch is the coke number. The influence of the temperature regime of atmospheric distillation of coal tar and the

НЕВЕДРОВ А.В.

Канд. техн. наук, доцент, доцент Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

ПАПИН А.В.

Канд. техн. наук, доцент, доцент Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

ТИХОНОВ В.В.

Канд. техн. наук, директор Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», 650000, г. Кемерово, Россия, e-mail: tikhonovvv@kuzstu.ru

* Исследование выполнено при финансовой поддержке Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1193 от 28.09.2022).

time of isothermal exposure of pitch on the coke number of pitch was studied. The relationship between the coke number of pitch and its softening temperature, group composition, and the release of volatile substances from pitch has been revealed.

Keywords

Coal tar, coal pitch, atmospheric distillation, electrode production.

Acknowledgements

The research was executed with the financial support of the Russian Ministry of Education and Science (Agreement No. 075-15-2022-1193 dated 28.09.2022).

For citation

Nevedrov A.V., Papin A.V., Tikhonov V.V. Research on the effects of coal tar distillation conditions on the coke number of the product obtained. *Ugol.* 2025;(12):23-26. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2025-12-23-26.

ВВЕДЕНИЕ

Углеграфитные материалы находят широкое применение в металлургии [1, 2], в атомной энергетике, в химической промышленности и др. [3, 4]. К числу наиболее важных свойств углеграфитных материалов относятся электропроводимость, анизатропия свойств теплопроводности, химическая инертность, высокая термическая стойкость [5].

Одним из наиболее важных видов углеграфитной продукции являются электродные изделия. Электродные материалы делятся на четыре типа в зависимости от исходного сырья: *угольные* – антрацит; *коксовые* – малозольный кокс; *графитовые* – графит (естественный, искусственный); *графитированные* – малозольные коксы с дальнейшей графитацией.

Угольные электроды по сравнению с графитированными имеют большее электросопротивление и поэтому меньшую допустимую плотность тока. Вследствие этого при одинаковой токовой нагрузке угольные электроды имеют больший диаметр, они более массивные, для их удержания и перемещения требуются более мощные механизмы. Удельный расход угольных электродов в 2–3 раза выше, чем графитированных, но угольные электроды примерно в три раза дешевле графитированных, вследствие чего в ряде процессов их применение более предпочтительно.

Технология получения электродных изделий состоит в нагреве смеси частиц твердых углеродных материалов со связывающим веществом с образованием монолитных изделий. Твердые углеродные материалы подвергаются предварительной прокатке при температурах 1000-1500°C и измельчению [6].

Используемый в качестве связующего материал после перемешивания с твердым углеродным материалом должен сообщать связности формуемой массе, пластифицировать ее, то есть делать возможным прессование из нее изделий. В процессе дальнейшего обжига спрессованной заготовки при температурах 1000-1200°C связующее должно коксоваться с образованием достаточного количества прочного кокса, который будет обеспечивать прочность и однородность углеграфитовым изделиям [7]. Наилуч-

шим связующим для производства электродных изделий и другой углеграфитной продукции является каменноугольный пек.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Каменноугольный пек представляет собой остаток разгонки каменноугольной смолы на фракции [8]. Пек состоит в основном из высокомолекулярных ароматических соединений [9, 10]. В его составе обнаружено более 1000 химических соединений. Учитывая данный факт, при характеристике состава пека его разделяют не на химические индивидуальные вещества, а на группы веществ [11, 12, 13] последовательной экстракцией различными растворителями.

Наиболее важными качественными характеристиками для каменноугольного пека при его использовании в качестве связующего в электродном производстве являются:

- температура плавления;
- зольность; вязкость;
- выход летучих веществ;
- содержание веществ, нерастворимых в толуоле;
- содержание веществ, нерастворимых в хинолине;
- коксовое число [14, 15].

Температура размягчения и плотность каменноугольного пека в большой степени зависят от температурного режима процесса перегонки каменноугольной смолы. Чем более высокая конечная температура перегонки или чем больше время изотермической выдержки пека, тем большее количество фракций будет отогнано из смолы, и, следовательно, тем выше будут плотность и температура размягчения пека.

В зависимости от температуры размягчения пеки разделяют на низкотемпературные с температурой размягчения 40–65°C, среднетемпературные – 65–90°C и высокотемпературные – выше 90°C. Пеки с большей температурой размягчения дают больший выход коксового остатка.

Важными технологическими показателями в технологиях производства электродов и другой углеграфитной продукции являются выход летучих продуктов при карбонизации пека и обратный ему показатель – коксовое число. **Коксовое число** – это отношение (в процентах) массы нелетучего твердого остатка, образующегося при нагревании в стандартных условиях образца исследуемого углеродсодержащего вещества, к массе анализируемого образца. Количество твердого остатка зависит от содержания в образце высокомолекулярных, гетероциклических и ароматических соединений, смолистых веществ. Увеличение содержания ароматических структур в пеке приводит к снижению выхода летучих продуктов при термообработке, повышению коксового остатка и улучшению свойств углеродных материалов [5].

В Институте химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева» были проведены исследования влияния условий атмосферной перегонки каменноугольной смолы на коксовое число получаемых пеков. Перегонка каменноугольной смолы проводилась на лабораторной установке путем ее нагревания до заданной температуры при атмосферном давлении. По мере нагре-

Качественные характеристики образцов каменноугольного пека атмосферной перегонки каменноугольной смолы

Quality characteristics of coal tar pitch samples produced by atmospheric distillation of coal tar

№ образца пека	Параметры процесса перегонки смолы		Качественные характеристики каменноугольного пека					
	Максимальная температура перегонки, °С	Время выдержки пека, мин	Коксовое число, %	Температура размягчения, °С	Содержание веществ, нерастворимых в толуоле (α_1 -фракция), %	Содержание веществ, нерастворимых в хинолине (α_1 -фракция), %	Зольность (A^d), %	Выход летучих веществ (V^{daf}), %
1	400	0	46,2	55,7	22,9	6,1	0,15	67,1
2	400	60	48,7	63,3	28,8	6,7	0,19	63,1
3	430	0	52,6	79,8	32,5	8,2	0,18	59,8
4	430	60	58,3	102,3	40,7	12,9	0,23	52,4

вания из смолы удалялись легкокипящие фракции, а пек накапливался в колбе. Конечная температура варьировалась в интервале 400–430°С. Время выдержки пека при конечной (максимальной) температуре перегонки смолы изменялось от 0 до 60 мин.

Для полученных при различных условиях образцов каменноугольного пека были определены качественные характеристики, которые являются наиболее важными для пеков, используемых в электродном производстве: коксовое число, температура размягчения, зольность, выход летучих веществ, содержание нерастворимых в толуоле веществ, содержание нерастворимых в хинолине веществ. Данные характеристики пеков представлены в таблице.

Из представленных в таблице результатов исследований видно влияние условий (параметров) процесса перегонки смолы на коксовое число и другие характеристики пеков. С повышением температуры перегонки каменноугольной смолы увеличивается коксовое число получаемого пека. Увеличение времени выдержки пека при максимальной температуре также способствует повышению коксового числа пека.

Также видна взаимосвязь между качественными характеристиками пека. При увеличении значений температуры размягчения пека, содержания нерастворимых в толуоле и хинолине веществ повышается коксовое число пека. С увеличением выхода летучих веществ пека уменьшается его коксовое число.

ВЫВОДЫ

Анализ результатов исследований влияния условий перегонки каменноугольной смолы на коксовое число получаемого пека показал, что конечная (максимальная) температура процесса атмосферной перегонки каменноугольной смолы и время выдержки каменноугольного пека при этой температуре оказывают существенное влияние на коксовое число и другие качественные характеристики пеков. Для увеличения коксового числа пеков требуется повышать температуру перегонки каменноугольной смолы и (или) время выдержки пека при конечной температуре.

Коксовое число каменноугольных пеков зависит от группового состава пеков, а также взаимосвязано с температурой размягчения пеков и выходом из них летучих веществ.

Список литературы • References

- Zhi-Hao Ma, Xian-Yong Wei, Guang-Hui Liu, Fang-Jing Liu, Zhi-Min Zong. Value-added utilization of high-temperature coal tar: A review. *Fuel*. 2021;(292):119954.
- Kozlov A.P., Cherkasova T.G., Subbotin S.P., Solodov V.S. Regularities of changes in pitch characteristics when varying the parameters of PJSC "KOKS" coal tar distillation. *Fuel*. 2023;(354):129279.
- Коротеева Л.И. Технология и оборудование для получения волокон и нитей специального назначения. М.: ИНФРА-М. 2019. 288 с.
- Ветошкина И.С., Солодов В.С., Васильева Е.В. Получение высокотехнологичных продуктов из каменноугольной смолы // Кокс и химия. 2019. № 2. С. 51–54.
- Vetoshkina I.S., Solodov V.S., Vasilyeva E.V. Production of high-tech products from coal tar. *Coke and Chemistry*. 2019;(2):51–54. (In Russ.).
- Васильева Е.В., Кошелев Е.А., Неведров А.В., Папин А.В. Технология углеграфитных материалов. Кемерово: Изд-во КузГТУ, 2020. 158 с.
- Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых. Санкт-Петербург: Недр, 2009. 832 с.
- Крутский Ю.Л. Производство углеграфитовых материалов. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2012. 116 с.
- Губанов С.А., Букка А.А., Иващенко Е.Ю. Технологические особенности производства каменноугольного пека из низкотемпературных каменноугольных смол и варианты совершенствования процесса // Кокс и химия. 2017. № 11. С. 37–42.
- Gubanov S.A., Bukka A.A., Ivashchenko E.Yu. Technological features of the production of coal pitch from low-pyrolyzed coal tar and options for improving the process. *Coke and Chemistry*. 2017;(11):37–42. (In Russ.).
- Семенова С.А., Гаврилюк О.М., Патраков Ю.Ф. Анализ компонентного состава групповых фракций каменноугольной коксохимической смолы // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2010. № 5. С. 135–139.
- Semenova S.A., Gavriluk O.M., Patrakov Yu.F. Analysis of the component composition of group fractions of coal coke resin. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2010;(5):135–139. (In Russ.).
- Gai H., Qiao L., Zhong C., Zhang X., Xiao M., Song H. A solvent based separation method for phenolic compounds from low-temperature coal tar. *Journal of cleaner production*. 2019;(223):1–11.
- Zhu Y., Zhao X.F., Gao L.J., Jun L., Cheng J.X., Lai S.Q. Properties and micro-morphology of primary quinoline insoluble and mesocarbon microbeads. *Journal of Materials Science*. 2016;(51):8098–8107.

12. Zander M., Collin G. A review of the significance of polycyclic aromatic chemistry for pitch science. *Fuel*. 1993;(72):1281-1285.
13. Fernández-García L., Álvarez P., Pérez-Mas A.M., Blanco C., Santamaría R., Menéndez R., Granda M. Role of quinoline insoluble particles during the processing of coal tars to produce graphene materials. *Fuel*. 2017;(206):99-106.
14. Тесаловская Т.М., Андрейков Е.И., Карпин Г.М. Способы управления качеством электродного пека // Кокс и химия. 1992. № 6. С. 27-33.
Tesalovskaya T.M., Andreikov E.I., Karpin G.M. Methods of electrode pitch quality management. *Coke and Chemistry*. 1992;(6):27-33. (In Russ.).
15. Черкасова Т.Г., Неведров А.В., Папин А.В. Каменноугольный пек атмосферно-вакуумной перегонки каменноугольной смолы // Уголь. 2024. № 4. С. 27-30. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-27-30.
Cherkasova T.G., Nevedrov A.V., Papin A.V. Coal tar pitch from atmospheric vacuum distillation of coal tar. *Ugol*. 2024;(4):27-30. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-4-27-30.

Authors Information

Nevedrov A.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Papin A.V. – PhD (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Tikhonov V.V. – PhD (Engineering), Director of the Institute of Chemical and Oil and Gas Technologies of the T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, Kemerovo, 650000, Russian Federation, e-mail: tikhonovvv@kuzstu.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 3.10.2025

Поступила после рецензирования: 15.11.2025

Принята к публикации: 28.11.2025

Paper info

Received October 3, 2025

Reviewed November 15, 2025

Accepted November 28, 2025

Уважаемые партнеры!

Примите самые теплые и искренние поздравления с наступающим Новым 2026 годом и Рождеством!

Пусть этот волшебный период наполнит ваши сердца вдохновением и радостью, подарит энергию и укрепит уверенность в светлом будущем. Желаем вам крепкого здоровья, благополучия, блестящих профессиональных результатов и воплощения Ваших самых заветных планов.

Пусть грядущий год откроет перед вами двери к новым успехам и достижениям, станет временем стремительного роста и стабильного процветания.

С наилучшими пожеланиями,
коллектив АО «НМЗ «Искра»