

ISSN 1999-4125 (Print)

ISSN 2949-0642 (Online)

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ТОПЛИВА И ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ CHEMICAL TECHNOLOGY OF FUEL AND HIGH-ENERGY SUBSTANCES

Научная статья

УДК 662.749.33

DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-47-53

ОКУСКОВАНИЕ КОКСОВОЙ ПЫЛИ С ПЕКОМ В КАЧЕСТВЕ СВЯЗУЮЩЕГО, ПОЛУЧЕННЫМ ТЕРМОРАСТВОРЕНИЕМ КАМЕННОГО УГЛЯ В АНТРАЦЕНОВОЙ ФРАКЦИИ

Папин Андрей Владимирович, Неведров Александр Викторович,
Игнатова Алла Юрьевна, Макаревич Евгения Анатольевна,
Боброва Ирина Витальевна

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева

*для корреспонденции: pav.httt@kuzstu.ru

Аннотация.

В статье представлены данные по исследованию возможности брикетирования отхода коксохимического производства – коксовой пыли с использованием в качестве связующего пекоподобного продукта, полученного терморастворением каменного угля в антраценовой фракции перегонки каменноугольной смолы. Способ заключается в брикетировании коксовой пыли и включает смешивание измельченного твердого топлива со связующим, брикетирование смеси под давлением, отличаясь тем, что в качестве измельченного твердого топлива используют предварительно обогащенную методом масляной агломерации до зольности 4,8,0-6,5 мас.% и сернистости 0,05 мас.% коксовую пыль с исходной зольностью 10-16,8 мас.%, сернистостью 0,2-0,3 мас.% с размерами частиц менее 1 мм, в качестве связующего используют пек, полученный терморастворением каменного угля в антраценовой фракции, в количестве 4,0-6,0% к массе исходного концентрата, причем пек перед введением в исходный концентрат разогревают до 100-130°C, а брикетирование смеси под давлением производят ступенчато, для чего сначала устанавливают нагрузку 5-6 атм с выдержкой 3-5 мин и далее до 15 атм с выдержкой при максимальной нагрузке 3-5 мин. В качестве сырья для терморастворения применяются каменные угли Кузнецкого бассейна марок Г и ГЖ. Получаемый пекоподобный продукт характеризуется наименьшей зольностью и может использоваться как спекающая добавка к шихте коксования (получение качественного кокса, применение трамбования шихты или другие способы окускования шихты). Разработанный способ относится к технологии брикетирования горючих веществ, например угольных шламов, мелких классов угля, коксовой пыли и т.д. Полученные брикеты могут быть использованы в качестве топлива для сжигания в бытовых и промышленных топках, а также в коксохимической и металлургической промышленности.



Информация о статье

Поступила:

01 ноября 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

10 декабря 2023 г.

Принята к публикации:

12 декабря 2023 г.

Опубликована:

21 декабря 2023 г.

Ключевые слова:

каменный уголь, антраценовая фракция, коксовая пыль, пек, терморастворение

Для цитирования: Папин А.В., Неведров А.В., Игнатова А.Ю., Макаревич Е.А., Боброва И.В. Окускование коксовой пыли с пеком в качестве связующего, полученным терморазложением каменного угля в антраценовой фракции // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 6 (160). С. 47-53. DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-47-53, EDN: UKPTOA

Объемы образования коксовой пыли весьма велики, в среднем на одном коксохимическом предприятии в год образуется около 18-20 тыс. тонн коксовой пыли. Применения коксовая пыль практически не находит из-за тонкодисперсного состояния и повышения зольности, сложности с разгрузкой и транспортировкой. Проблема утилизации коксовой пыли является весьма актуальной. Разработанная технология способствует решению экологических проблем, связанных с образованием и утилизацией отходов (коксовой пыли), а также расширяет пути использования пекоподобных продуктов термического растворения каменных углей.

Известны способы брикетирования каменных углей и антрацитов, включающие обезвоживание и сушку исходного угля до влажности 2-3%, смешивание его с жидкими или твердыми связующими (нефтебитумы, каменноугольный пек, сульфат-спиртовая барда, твердые глины, цемент), прессование смеси давлением 20-50 МПа и последующее охлаждение [1]. Упомянутым способам присущи следующие недостатки.

Во-первых, необходимость использования предлагаемых связующих значительно усложняет и удорожает процесс брикетирования каменных углей, т.к. предусматривает операции по глубокому обезвоживанию и термической сушке исходного угля до минимальных значений по влажности, т.е. до 2-3%. Во-вторых, существующие технологии брикетирования каменных углей и антрацитов не предназначены для использования в качестве исходного сырья коксовой пыли (класс крупности 0-1,0 мм) и тонкодисперсных угольных шламов (класс крупности 0-1,0 мм), образующихся при добыче и переработке каменных углей. Угольные шламы и коксовую пыль сбрасывают в отстойники и отвалы углеперерабатывающих предприятий, что ухудшает экологическое состояние окружающей среды в угледобывающих регионах.

Известен способ получения топливных брикетов из бурого угля, который заключается в смешивании бурого угля крупностью менее 6,0 мм с предварительно измельченным до частиц размером менее 2 мм полиэтиленом (бытовыми отходами) в количестве 4,4÷5,0% (на сухую массу угля), нагреве смеси до температуры 120÷140°C с изотермической выдержкой в течение 30 мин, получении брикетов при давлении брикетирования 78 МПа. Механическая прочность на сжатие получаемых брикетов составляет не менее 7,8 МПа [2].

Недостатки известного способа следующие: используется бурый уголь, имеющий склонность к окислению и самовозгоранию, что затрудняет транспортировку брикетов на дальние расстояния и хранение на срок более 3 недель. Еще одним недостатком является высокое давление прессования 78 МПа.

Наиболее близким к предлагаемому способу брикетирования по технической сущности является способ получения топливных брикетов, включающий смешивание измельченного твердого топлива на основе коксовой мелочи с размерами частиц 0,05-16,0 мм в количестве 50-80 мас.% со связующим на основе модифицированного лигносульфоната в количестве 8-9% от массы измельченного твердого топлива, брикетирование смеси под давлением 25 МПа и последующую термообработку брикетов [3]. Этот способ получения топливных брикетов имеет следующие недостатки: высокое давление прессования (25 МПа), что экономически и энергетически невыгодно и технически труднодостижимо; достаточно высокое содержание связующего – 8-9% от массы твердого топлива.

Предлагается брикетирование коксовой пыли, которая является высококалорийным отходом коксохимических предприятий. Техническим результатом предлагаемого способа является получение топливных брикетов с низкой зольностью и сернистостью, приготовленных из концентрата коксовой пыли, что позволит улучшить экологическую обстановку в углеперерабатывающих регионах.

Технический результат достигается тем, что в способе брикетирования коксовой пыли, включающем смешивание измельченного твердого топлива со связующим, брикетирование смеси под давлением, согласно изобретению в качестве измельченного твердого топлива

используют предварительно обогащенную методом масляной агломерации до зольности 4,8-6,5 мас.% и сернистости 0,05 мас.% коксовую пыль с исходной зольностью 10-16,8 мас.%, сернистостью 0,2-0,3 мас.%, с размерами частиц менее 1 мм, в качестве связующего используют пек в количестве 4,0-6,0% мас.%, полученный из каменного угля терморастворением в антраценовой фракции, к массе исходного концентрата, причем пек перед введением в исходный концентрат разогревают до 100-130°C, а брикетирование смеси под давлением производят ступенчато, для чего сначала устанавливают нагрузку 5-6 атм., с выдержкой 3-5 мин и далее до 15 атм. с выдержкой при максимальной нагрузке 3-5 мин.

Коксовую пыль обогащают на установке методом масляной агломерации для получения глубоко обогащенных концентратов. Коксовая пыль тонкодисперсная, крупностью менее 1 мм. По количеству зольности коксовая пыль относится к среднезольным угольным отходам, что препятствует ее возвращению в шихту коксования и прямому сжиганию, поэтому первоначальным этапом ее подготовки является обогащение. Так как коксовая пыль тонкодисперсная (<1 мм), то оптимальный метод ее обогащения – масляная агломерация. К основным достоинствам метода масляной агломерации относят высокую селективность при разделении частиц менее 100 мкм (что и характерно для коксовой пыли), широкий диапазон зольности обогащаемого угля, возможность вести процесс при плотности пульпы до 600 г/л, дополнительное обезвоживание концентрата вытеснением воды маслом при образовании углемасляных гранул.

В емкость наливают техническую или питьевую воду (850 мл), загружают коксовую пыль (100 г). До визуального перемешивания в течение 1-2 мин проводят интенсивное смешивание коксовой пыли и воды при помощи лопастной мешалки, соединенной с двигателем. Перемешивание более 3 мин нецелесообразно. Во избежание образования «воронки», снижающей интенсивность перемешивания, в емкость устанавливают специальные преградители. Затем добавляют углеводородный реагент и перемешивают еще в течение 5-8 мин. Перемешивание менее 5 мин не приводит к образованию масляных агломератов, так как углеводородный реагент не успевает полностью смочить поверхность твердых частиц. Увеличение времени перемешивания свыше 8 мин нецелесообразно, так как расходуется дополнительная энергия. В результате турбулизации пульпы (смеси воды, коксовой пыли и реагента) происходит селективное образование коксомасляных агрегатов, которые уплотняются, структурно преобразуются в прочные гранулы сферической формы при этом топливо избавляется от балласта – минеральных примесей. Зольность полученных концентратов не превышает 6,5 мас.%, сернистость – 0,05 мас.%, что говорит о приемлемости полученных концентратов для технологии коксования и энергетики; высокий выход продукта (до 84% мас.) и более низкая зольность и сернистость концентратов обусловлены полнотой разделения органической и минеральной частей коксовой пыли в процессе обогащения методом масляной агломерации. На выходе с установки получают концентрат со следующими характеристиками, представленными в Таблице 1.

Таблица 1. Качество концентрата обогащения коксовой пыли

Table 1. Quality of coke dust enrichment concentrate

Характеристика концентрата				
A ^d , % мас. (зольность)	W ^a , % мас. (влажность)	V ^{daf} , % мас. (выход летучих веществ)	Q _s ^t , ккал/кг (теплота сгорания)	S ^d _t , % мас. (сернистость)
4,8-6,5	8,0-9,5	1,25-2,0	7000-7500	0,05

Полученный концентрат и разогретый до 100-133°C пек в количестве 4,0-6,0% к массе исходного концентрата смешивают в пресс-форме. Выбор в качестве связующего пека, полученного терморастворением каменного угля в антраценовой фракции обусловлен поиском решений по его применению в различных химических технологиях [4-]. Такой пек может быть легкодоступен вследствие возможности больших его производств в промышленности и низкой стоимости на рынке. Расход связующего (пека) определяют потребностью для формирования прочного топливного брикета.

Полученную смесь прессуют в штемпельном прессе ступенчато: сначала устанавливают нагрузку 5-6 атм., с выдержкой 3-5 мин и далее до 15 атм. с выдержкой при максимальной

нагрузке 3-5 мин. При ступенчатом прессовании достигается оптимальное взаимодействие компонентов в смеси с образованием структуры топливного брикета.

На выходе получают топливные брикеты со следующими техническими характеристиками, представленными в Таблице 2.

Таблица 2. Качественные характеристики брикетов из концентрата коксовой пыли
Table 2. Qualitative characteristics of coke dust concentrate briquettes

Технические характеристики полученных брикетов					
Физические испытания			Топливные характеристики		
сжатие, кг/см ²	истирание, % (содержание кусков размером >25 мм)	сбрасывание, % (содержание кусков размером >25 мм)	A ^d , % мас. (зольность)	Q _s ^t , ккал/кг (теплота сгорания)	S ^d , % мас. (сернистость)
18-22	90	96	4,8	7500	0,05

Выводы:

Полученные брикеты обладают техническими характеристиками предъявляемые к брикетному топливу согласно ГОСТ 21289-2018 «Брикеты угольные. Методы определения механической прочности».

Пек, получаемый терморазложением каменного угля в антраценовой фракции каменноугольной смолы процесса коксования каменных углей, является хорошим связующим для брикетирования топливных брикетов. Возможно перспективное применение данного пека как связующей добавки в шихту коксования с целью получения качественного металлургического кокса.

Предложенный способ получения топливных брикетов позволяет снизить зольность и сернистость топливных брикетов. Кроме того, в предложенном способе для получения топливных брикетов используется коксовая пыль, являющаяся отходом коксохимических предприятий, утилизация которой позволит улучшить экологическую обстановку в углеперерабатывающих регионах.

Исследование выполнено за счет гранта Минобрнауки России (Соглашение № 075-15-2022-1193).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Елишевич А. Т. Технология брикетирования полезных ископаемых. М. : Недра, 1989. 86, 92, 98, 101, 106 с.
2. Заявка на патент РФ №2008109775/04, опублик. 20.11.2009 г.
3. Патент РФ №2298028, опублик. 27.04.2007 г.
4. Кузнецов П. Н., Перминов Н. В. Термическое растворение каменного угля в технических пастообразователях и их смесях // Кокс и химия. 2019. № 11. С. 16–23.
5. Mannweiler U. C., Perruchoud R. C. Reduction of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAH) in anodes by using petroleum pitch as binder material // Light Metals. 1997. P. 555–558.
6. Барнаков Ч. Н., Хохлова Г. П., Усов О. М. Возможности расширения сырьевой базы для получения связующего пека // Кокс и химия. 2019. № 10. С. 25–29.
7. Diez N., Alvarez P., Santamaria R., Blanco C., Menendez R., Granda M. Optimisation of the melt-spinning of anthracene oil-based pitch for isotropic carbon fibre preparation // Fuel Processing Technology. 2012. Vol. 93. P. 99–104.
8. Yu Wang, Yuanjian Tong, Bowen Zhang, Hua Su, Lianghua Xu. Formation of Surface Morphology in Polyacrylonitrile (ПАН) Fibers during Wet-Spinning // Journal of Engineered Fibers and Fabrics. 2018. Vol. 2. P. 52–57.
9. Сидоров О. Ф. Канцерогенная активность каменноугольных пеков в зависимости от технологии их получения // Кокс и химия. 2006. № 6. С. 36–40.
10. Маракушина Е. Н. Получение пеков и связующих веществ методом термического растворения углей: дис. канд. техн. наук. Красноярск, 2015. 137 с.
11. Ветошкина И. С., Солодов В. С., Васильева Е. В. Получение высокотехнологичных продуктов из каменноугольной смолы // Кокс и химия. 2019. № 2. С. 51–54.

12. Хайрутдинов И. Р., Ахметов М. М., Теляшев Э. Г. Состояние и перспективы развития производства кокса и пека из нефтяного сырья // Российский химический журнал. 2006. № 1. С. 25–28.
13. Perez M., Granda M., Santamaria R., Vina J.A., Menendes R. Formulation, structure and properties of carbon anodes from coal tar pitch/ petroleum pitch blends // Light Metals. 2003. Vol. 4. P. 495–501.
14. Kuznetsov P. N. [et al.] Thermal dissolution of coals of a number of metamorphism in the medium of anthracene fraction of coking resin // Coke and Chemistry, 2019. No. 4. Pp. 27–35.

© 2023 Авторы. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)
Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Макаревич Евгения Анатольевна, старший преподаватель Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Папин Андрей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Неведров Александр Викторович, кандидат технических наук, доцент, доцент Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Игнатова Алла Юрьевна, кандидат биологических наук, доцент, доцент Горного Института ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», e-mail: ia.yu.httte@kuzstu.ru

Боброва Ирина Витальевна, уч. мастер кафедры Института химических и нефтегазовых технологий ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева», e-mail: bobrovaiv@kuzstu.ru

Заявленный вклад авторов:

Папин Андрей Владимирович – обзор соответствующей литературы, научный менеджмент, написание текста, 45 %.

Неведров Александр Викторович – концептуализация исследования, сбор и анализ данных, написание текста, 15 %.

Игнатова Алла Юрьевна – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, 15%.

Макаревич Евгения Анатольевна – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, 15%.

Боброва Ирина Витальевна – обзор соответствующей литературы, сбор и анализ данных, 10 %.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

BRIQUETTING OF COKE DUST WITH SAND AS A BINDER OBTAINED BY THERMAL DISSOLUTION OF COAL IN THE ANTHRACENE FRACTION

Andrey V. Papin, Alexander V. Nevedrov,
Alla Yu. Ignatova, Evgeniya A. Makarevich,
Irina V. Bobrova

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University

*for correspondence: pav.httt@kuzstu.ru



Article info

Received:

01 November 2023

Abstract.

The article presents data on the study of the possibility of briquetting the waste of coke chemical production – coke dust with the use of a baking-like product obtained by thermal dissolution of coal in the anthracene fraction of coal tar distillation as a binder. The method consists in briquetting coke dust, including mixing crushed solid fuel with a binder, briquetting the mixture

Accepted for publication:
10 December 2023

Accepted:
12 December 2023

Published:
21 December 2023

Keywords: coal, anthracene fraction, coke dust, pitch, thermal dissolution

under pressure, characterized in that the crushed solid fuel is pre-enriched by oil agglomeration to an ash content of 4.8.0-6.5 wt.% and sulfur content 0.05 wt.% coke dust with an initial ash content of 10-16.8 wt.%, sulfur content of 0.2-0.3 wt.%, with particle sizes less than 1 mm, pitch obtained by thermal dissolution of coal in the anthracene fraction is used as a binder, in an amount of 4.0-6.0% by weight of the initial concentrate, and the pitch is heated to 100-130 ° C before being introduced into the initial concentrate, and the briquetting of the mixture under pressure is carried out stepwise, for which a load of 5-6 atm is first set, with an exposure of 3-5 minutes and then up to 15 atm with an exposure at a maximum load of 3-5 minutes. As a raw material for thermal dissolution, hard coals of the Kuznetsk basin are used. The resulting baking-like product is characterized by the lowest ash content and can be used as a sintering additive to the coking charge (obtaining high-quality coke, the use of ramming of the charge or other methods of caulking the charge). The developed method relates to the technology of briquetting combustible substances, for example coal sludge, small classes of coal, coke dust, etc. The resulting briquettes can be used as fuel for combustion in domestic and industrial furnaces, as well as in the coke and metallurgical industries

For citation: Papin A.V., Nevedrov A.V., Ignatova A.Yu., Makarevich E.A., Bobrova I.V. Briquetting of coke dust with sand as a binder obtained by thermal dissolution of coal in the anthracene fraction. *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta*=Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2023; 6(160):47-53. (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1999-4125-2023-6-47-53, EDN: UKPTOA

REFERENCES

1. Elishevich A.T. Technology of briquetting of minerals. M.: Nedra; 1989. 86, 92, 98, 101, 106 S.
2. Application for RF Patent No. 2008109775/04, publ. 20.11.2009.
3. Patent of the Russian Federation No. 2298028, publ. 27.04.2007.
4. Kuznetsov P.N., Perminov N.V. Thermal dissolution of coal in technical paste-forming agents and their mixtures. *Coke and chemistry*. 2019; 11:16–23.
5. Mannweiler U.S., Perruchud R.S. Recovery of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in anodes using petroleum pitch as a binder. *Light metals*. 1997. Pp. 555–558.
6. Barnakov Ch.N., Khokhlova G.P., Usov O.M. Possibilities of expanding the raw material base for obtaining a binder pitch. *Coke and chemistry*. 2019; 10: 25–29.
7. Dies N., Alvarez P., Santamaria R., Blanco S., Menendez R., Granda M. Optimization of the molding process in the melt of pitch based on anthracene oil for the production of isotropic carbon fiber. *Fuel processing technology*. 2012; 93:99–104.
8. Yu Wang, Yuanjian Tong, Bowen Zhang, Hua Su, Lianghua Xu. Formation of surface morphology of polyacrylonitrile fibers (PAN) during wet spinning. *Journal of Engineering Fibers and Fabrics*. 2018; 2:52–57.
9. Sidorov O.F. Carcinogenic activity of coal pitches depending on the technology of their production. *Coke and chemistry*. 2006; 6:36–40.
10. Marakushina E.N. Obtaining pitches and binders by thermal dissolution of coals: dis. Candidate of Technical Sciences. Krasnoyarsk, 2015. 137 p.
11. Vetoshkina I.S., Solodov V.S., Vasilyeva E.V. Obtaining high-tech products from coal tar. *Coke and chemistry*. 2019; 2:51–54.
12. Khairutdinov I.R., Akhmetov M.M., Telyashev E.G. The state and prospects of development of coke and pitch production from petroleum raw materials. *Russian Chemical Journal*. 2006; 1:25–28.
13. Peres M., Granda M., Santamaria R., Vina J.A., Menendez R. Formulation, structure and properties of carbon anodes from coal pitch/oil pitch mixtures. *Light metals*. 2003; 4:495–501.
14. Kuznetsov P.N. [et al.] Thermal dissolution of coals of a number of metamorphisms in the medium of the anthracene fraction of coking resin. *Coke and chemistry*. 2019; 4: 27–35.

© 2023 The Authors. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).
The authors declare no conflict of interest.

About the authors:

Papin Andrey Vladimirovich, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of SFCT, e-mail: pav.httt@kuzstu.ru

Nevedrov Alexander Viktorovich, C. Sc. in Engineering, Associate Professor, Associate Professor of the Department of SFCT, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 Street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: nevedrov@kuzstu.ru

Ignatova Alla Yurievna, C. Sc. in Biology, Associate Professor, Associate Professor of the Department of ALPN, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 Street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: iayu.httte@kuzstu.ru

Makarevich Evgeniya Anatolyevna, senior lecturer of the Department of SFCT, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 Street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: evgeniyamakarevich@mail.ru

Bobrova Irina Vitalievna, academic master of the Department of SFCT, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, (28 Street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian Federation), e-mail: bobrovaiv@kuzstu.ru

Contribution of the authors:

Papin Andrey Vladimirovich – review of relevant literature, scientific management, writing, 45%.

Alexander V. Nevedrov – conceptualization of research, data collection and analysis, text writing, 15%.

Ignatova Alla Yurievna – review of relevant literature, data collection and analysis, 15%.

Evgeniya A. Makarevich – review of relevant literature, data collection and analysis, 15%.

Bobrova Irina Vitalievna – review of relevant literature, data collection and analysis, 10%.

All authors have read and approved the final manuscript.

