

УДК 662.74:662.8.057.2
DOI 10.26456/vtchem2026.2.3

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОЙ МОДИФИКАЦИИ УГОЛЬНОЙ ШИХТЫ НА СВОЙСТВА КОКСА

Р.Ю. Ковалев, А.П. Никитин

Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН, Кемерово

В данной статье приводятся результаты экспериментов по влиянию различных добавок в угольную шихту на выход кокса и его прочностные характеристики. В качестве исходных углей использовали марки углей ГЖ, Ж и К. Оценено введение в шихту неорганических материалов на выход и прочность кокса. Показано, что добавка в угольную шихту в виде высокоплавкого пека и смесей на его основе, увеличивает выход кокса и повышает индекс сбрасывания.

Ключевые слова: уголь, коксование, выход кокса, кокс, шихта коксования, индекс сбрасывания кокса.

Каменноугольный кокс — науглероженный остаток коксования угля или шихты, не содержащий летучие вещества удаляемых при $T > 800\text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]. В качестве сырья для получения кокса в основном используют коксующие марки углей К, ОС, КО, КЖ, Ж. Однако из-за дефицита коксующихся углей существует ограничение их потребления в качестве сырья коксования, и для устранения дефицита используют смеси углей (шихты коксования). Для получения металлургического кокса используют шихту углей, представленную различными марками, которая имеет следующую структуру: спекающая основа — угли марок ГЖ и Ж; коксовые присадки углей — угли марок К, КО, ОС; отошающие присадки — угли марок КС и КСН [2]. Также для снижения расхода углей при коксовании существует возможность введения различных добавок в шихту. Согласно [3], добавки в шихту делятся на группы: 1-неорганические и отошающие; 2-органические (спекающиеся); 3-мезогенные. Отошающие добавки могут представлять собой измельченную коксовую мелочь и антрацит [4,5], коксовая пыль [6-7]. Особый интерес представляет рассмотрение влияния неорганических добавок в шихту, на свойства кокса. В работе [8], установлено, что добавка Fe_2O_3 к углю увеличивает выход кокса и смолы. Согласно [9], добавка Al в шихту сокращает период коксования. В работе [10], установлено, что добавление частиц Al с размером частиц $< 1\text{ мм}$ и массовой долей 2,5 % повышает значение механической прочности

кокса M_{40} на 20 %, а также увеличивает зольность кокса. В работе [11], показано, что обработка угольной шихты 3% HCl, приводит к увеличению дробимости кокса M_{25} . В работе [12], показано, что добавление в шихту Na-солей карбоновых кислот и соляной, серной и триосерной кислоты, повышают выход класса кокса размером выше 60 мм. В работе [13], установлено, что при добавлении сталеплавильного шлака (состоящего из SiO_2 -12,11 %, CaO -34,34%, MgO -11,6 %, TFe -19,84 %, TiO_2 -1,46 %, остальное S, P, K, Na~1 %) в угольную шихту коксования происходит увеличение показателя истираемости M_{10} и реакционной способности кокса CRI, но происходило уменьшение механической прочности M_{40} и горячей прочности CSR по сравнению с коксом, полученным из шихты без добавок. При добавлении к углю марки Г и Ж хлорид м-нитрофенилдиазония повышался выход кокса на 5 и 8 % [14]. Добавление в угольную шихту Al_2O_3 и SiC, не приводило к увеличению зольности кокса [15]. Показано, что введение в шихту Al_2O_3 (0,5 %) снижало горячую прочность кокса CSR на 2 %. А введение добавки Al_2O_3 (0,25 %) повышало CSR на 5 % и снижало CRI на 7 % [15]. Также установлено, что добавление SiC (0,25 %) повышает CSR на 7 % и снижает CRI на 2 % [15].

Теперь рассмотрим влияние органических добавок в угли или угольную шихту на качество получаемого кокса. В работе [16], показано, что добавление в угли марок Г, К, ОС пека увеличивает структурную прочность и твердость получаемого кокса. При повышении доли добавки пека к углю структурная прочность увеличивалась. В работе [17], показано, что добавление пека к углям марок Г и ДГ, увеличивает значение дробимости получаемых коксов M_{25} и снижает истираемость M_{10} . Показано, что введение добавки пека в уголь увеличивает индекс вспучивания SI и пластометрические показатели X и Y. К шихте коксования, добавляли пек, установлено, что увеличение добавки повышало M_{25} и CSR, но уменьшало M_{10} и CRI [18]. Добавление керосина в шихту увеличивало CSR, структурную прочность и твердость, но уменьшало CRI [19].

Из приведенных результатов работ, установлено, что добавки в шихту по-разному влияют на качество получаемого кокса. Актуальной является задача установления влияния неорганических и органических (спекающих) добавок в шихту на выход кокса. А также их влияния на прочностные характеристики получаемых коксов.

В данной работе приведены результаты модельных экспериментов по коксованию шихт, составленных из углей Кузнецкого угольного бассейна с добавлением различных веществ и установление их влияния на индекс сбрасывания кокса. Данный эксперимент проводится впервые, что и определяет новизну данной работы.

Цели работы: 1. Провести модельные эксперименты по коксованию угольной шихты и определить выход кокса в зависимости от добавок в виде неорганических веществ. 2. Провести модельные эксперименты по коксованию угольной шихты с добавлением смесей пеков и определить выходы получаемого кокса. 3. Определить индексы сбрасывания получаемых коксов.

Методы и принципы исследования. В качестве сырья использовали следующие марки углей, представленные в таблице 1.

Таблица 1.
Основные характеристики используемых углей

№	Марка углей, название шахты/разреза	$V^{(daf)}$, %	$A^{(d)}$, %	$W^{(a)}$, %	X, мм	Y, мм	RI	SI
1	ГЖ, ш.Распадская	37,5	11,8	1,5	45	14	13	8,0
2	Ж, ш. Тихова	34,3	6,5	1,2	15	29	66	9,0
3	К, уч. Коксовый	22,8	4,35	1,2	23	14	-----	8,5

Где $V^{(daf)}$ -выход летучих веществ угля, определялся по ГОСТ Р 55660-2013. $A^{(d)}$ –зольность угля определялась по ГОСТ Р 55661-2013. Влажность определяли по ГОСТ Р 52911—2020. Пластометрические характеристики X, Y определяли по ГОСТ 1186-2014. Индекс Рога определяли по ГОСТ 9318-91, индекс вспучивания SI-по ГОСТ Р 59250-2020.

Выбранные угли измельчали на щековой дробилке, далее измельченные угли просеивали на металлических ситах. Отбирали класс крупности углей $\leq 0,2$ мм. Измельченные угли механически размешивали в заданных пропорциях до однородной массы. Делали навески шихт углей массой 8 г, и помещали в керамические тигли с притертой крышкой. Для получения кокса шихты в тиглях нагревали в муфельной печи до 1000 °С и выдерживали в течение 1 ч.

В таблице 2 представлено описание неорганических добавок в шихту.

Таблица 2.

Описание неорганических веществ используемых в качестве добавок в шихту

№	Химическая формула	Название	Обозначение
1	NH_4ClO_4	Перхлорат аммония	ПХА
2	$\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Нитрат никеля(II) моногидрат	ННМГ
3	$\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	Нитрата кобальта (II) гексагидрата	НКГ
4	Al_2O_3	Оксид алюминия	ОА
5	$\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Белая сажа	ОС
6	$\text{Ni}(\text{HCOO})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	Формиат никеля(II) моногидрат	ФН

В качестве спекающей добавки выбраны электродный пек марки В ($T_p=91^\circ\text{C}$), полученный на АО Алтай-Кокс и высокоплавкий пек ($T_p=202^\circ\text{C}$) полученный в работе [20]. Также в качестве неспекающей добавки применяли наноматериал Таунит.

С помощью электронных весов делали навеску выбранного вещества и добавляли к шихте. После этого смесь механически размешивали до однородной массы. Шихту с добавкой также коксовали в тиглях, помещенных в муфельную печь.

Методом сбрасывания получаемых коксов с высоты 1,8 м определяли индекс сбрасывания S_x как процентное отношения массы кокса оставшейся на сите размером $-x$, после сбрасывания к изначальной массе кокса.

Результаты и обсуждение

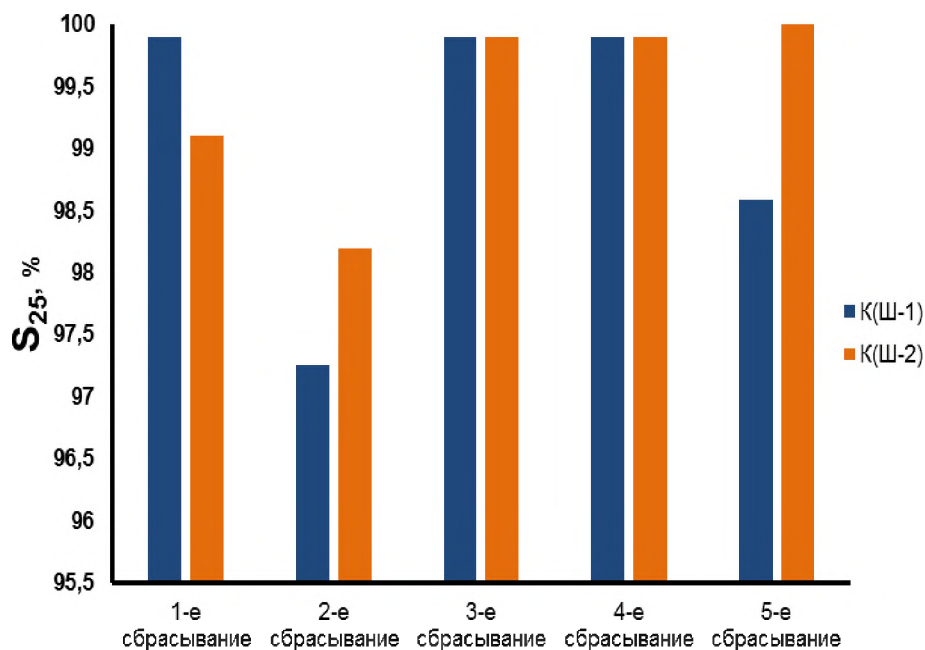
1. *Коксование шихт каменных углей.* В данном разделе показаны результаты коксования угольных шихт. После коксования получали кокс в виде твердой спекшейся массы (полноценный кокс) и в виде порошка с размером частиц < 1 мм (коксовая мелочь). Определяли общий выход кокса V_k как процентное отношение массы получаемого продукта коксования (сумма массы полноценного кокса и коксовой мелочи) к массе шихты. И определяли выход полноценного кокса V_k^C , как процентное отношение массы полноценного кокса к массе шихты и выход коксовой мелочи КМ как разность V_k и V_k^C . Данные шихт и получаемых из них коксов представлены в таблице 3.

Таблица 3.

Данные о выходах коксов полученных путем коксования шихт при 1000 °С, в течение 1 часа

Название	Состав шихты, %	В _к , %	В _к ^С , %	КМ, %	S ₂₅ , %
Шихта-1	ГЖ-42,5 %; Ж-21,6 %; К-35,9 %	68,8	60,7	8,1	99,9
Шихта-2	ГЖ-50,1%; Ж-19,8 %; К-30,1 %	70,0	69,1	0,9	99,1
Шихта-3	ГЖ-33,3 %; Ж-33,3 %; К-33,4 %	63,6	61,7	1,9	98,1

Из таблицы 3 видно, что для коксов 1 и 2 характерны максимальные значения В_к. Очевидно, что это связано с наибольшим содержанием угля марки ГЖ имеющим максимальные пластометрические показатели (табл.1). Максимальный выход коксовой мелочи характерен для шихты 1. Кокс из шихты -3 имел минимальный выход В_к а также минимальное значение S₂₅. На рис.1 показана гистограмма распределения S₂₅ от числа сбрасывания.



Р и с . 1 Зависимость S₂₅ при повторных сбрасываниях полученных коксов из шихты 1- К(Ш-1) и из шихты 2-К(Ш-2)

Из рис.1 видно, что при повторных сбрасываниях значения S₂₅ — увеличивались до 100 % для обеих коксов. Для К(Ш-1) на 5-м сбрасывании значение S₂₅ уменьшалось с 100 % до 98,5 %. Также на 2-м

сбрасывании значение S_{25} уменьшалось с 99 % до 97-98 % для обеих коксов.

2. *Влияние неорганических добавок в шихту.* Рассмотрим влияние различных неорганических добавок в шихту -3 на качество кокса. В таблице представлены характеристики полученных коксов путем введения неорганических веществ в исходную шихту.

Таблица 3.

Данные о выходах коксов и их прочностных характеристиках полученных путем коксования шихт с различными неорганическими добавками

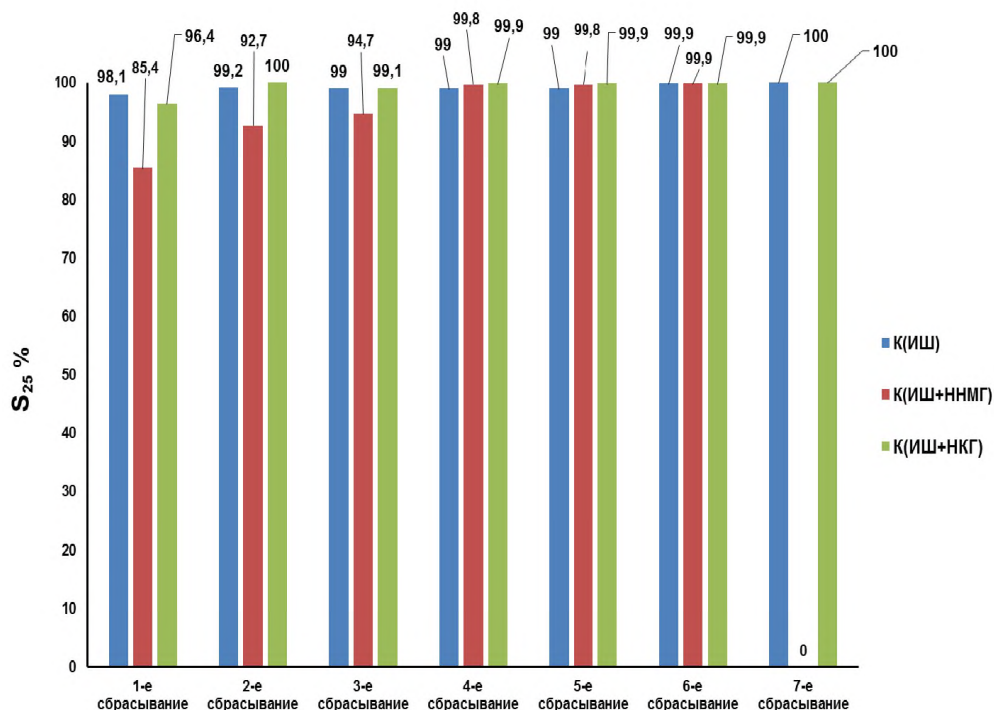
№	Название	добавка, %	В _к , %	В _к ^с , %	КМ, %	S ₁₀ , %	S ₂₅ , %	A _к ^d , %
1	Исходная шихта (ИШ)	0	63,6	61,1	2,5	99,0	98,1	9,7
2	ИШ+ПХА	4,2	59,2	53,3	5,9	63,6	0	10,4
3	ИШ+ ННМГ	5,1	60,6	54,8	5,8	89,6	85,4	10,5
4	ИШ+ НКГ	0,44	65,4	62,6	2,8	96,4	96,4	10,2
5	ИШ+ОА	4,3	66,7	63,3	3,4	96,4	0	16,3
6	ИШ+БС	4,3	64,0	60,7	3,3	96,3	96,3	16,6
7	ИШ+ФН	1,8	62,8	60,5	2,3	99,1	99,1	9,9

A_k^d – зольность полноценного кокса определяли по ГОСТ Р 55661-2013. Из табл.3 видно, что добавки ПХА и ННМГ снижали выход кокса и увеличивали число коксовой мелочи (< 1 мм). Добавки НКГ, ОА и БС повышали выход кокса и но и увеличивали выход коксовой мелочи. Все добавки в шихту за исключением добавки ФН снижали прочность S_{25} и S_{10} кокса при сбрасывании. Добавки в виде ПХА и ОА снижали прочность S_{25} до нулевого значения. В случае добавок ПХА и ННМГ происходили реакции с выделением O_2 согласно [21-23] которое приводило к частичному выгоранию образца, что вызывало к снижению V_k и V_k^C и повышению КМ. Также выделение O_2 могло привести к образованию трещин кокса, что и снижало S_{10} и S_{25} . В случае шихты с добавлением НКГ, в процессе коксования помимо O_2 происходило образование NO_2 и HNO_3 [24]. Предположительно выделившийся NO_2 мог вступать в реакции полимеризации с молекулами угля [25], тем самым увеличивая выход кокса. Добавление в шихту ОА повышало V_k и V_k^C .

В случае шихты с добавлением ОА (Al_2O_3), данная добавка уменьшала RI согласно [26], что и снижало S_{10} и S_{25} по сравнению с исходной шихтой. Предположительно также и можно объяснить снижение S_{10} и S_{25} для шихты с добавлением БС. Однако данные добавки повышала выход кокса V_k на величину меньшую чем процент добавки что может быть связано с влиянием этих добавок на выгорание или термическую деструкцию кокса, приводящую к увеличению КМ и уменьшению V_k и V_k^C и тем самым добавки БС и ОА, увеличивали

зольность на 7 %. Добавление в шихту ФН увеличивало прочность S_{25} и снижало выход КМ по сравнению с данными для исходной шихты. Добавка ФН к исходной шихте, во время коксования приводила к каталитическим и окислительно-восстановительным реакциям согласно [27-28], что и могло привести к получению кокса с высокой прочностью и уменьшению КМ. Добавки в виде ПХА, ННМГ, НКГ и ФН –не приводили к существенному росту зольности кокса.

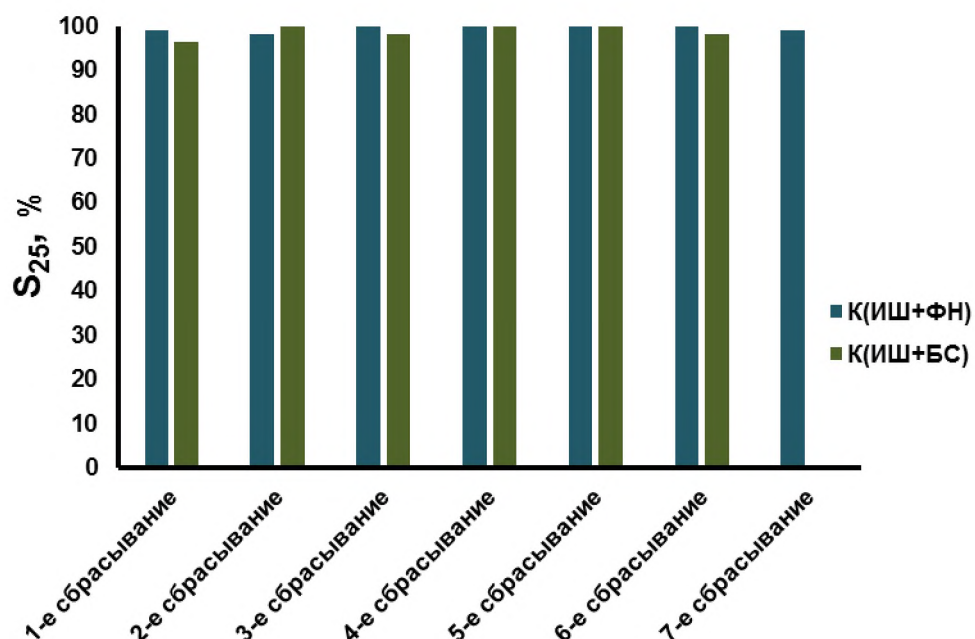
На рис.2 представлены значения S_{25} от числа сбрасывания полученных коксов.



Р и с . 2 Зависимость S_{25} при повторных сбрасываниях для полученных коксов (кокса из исходной шихты (К(ИШ)), и коксов, из шихт с добавками неорганических материалов К(ННМГ) и К(НКГ))

Из рис.2 видно, что значение S_{25} при повторных сбрасываниях увеличивается. При 4-м сбрасывании для всех коксов значение S_{25} приближается к 100 %. При 7-м сбрасывании кокс К(ИШ+ННМТ) разрушался до кусков с размером менее 25 мм. поэтому для него $S_{25}=0\%$, для остальных коксов $S_{25}=100\%$. Следует отметить, что при первом сбрасывании для К(ИШ+ННМТ) значение $S_{10}=89,6\%$, для повторных сбрасываний значение $S_{10}=S_{25}$, при 7-м сбрасывании $S_{10}=97,1\%$ ($S_{25}=0$). Для К(ИШ+НКГ) происходил рост значения S_{25} до 100 % после первого сбрасывания и $S_{10}=S_{25}$. Очевидно для К(ИШ+НКГ) рост значения S_{25}

связан с отделением хрупких частиц кокса, после которого кокс обретал максимальную прочность.



Р и с . 3 Зависимость S_{25} при повторных сбрасываниях для полученных коксов из шихт с добавками неорганических материалов К(ИШ+ФН) и К(ИШ+БС))

Кокс К(ИШ+ФН) для него значения $S_{25} > 98 \%$, при любом сбрасывании, после 3 –го сбрасывания значение $S_{25} = 100 \%$. В случае кокса К(ИШ+БС), при втором сбрасывании значения S_{10} и S_{25} увеличивались до 98,1 %, при третьем до 99,9 %, при четвертом -100 %, после пятого сбрасывания $S_{25}=0 \%$, $S_{10}=98,0 \%$.

3.Влияние добавок в виде пека и таунита в шихту. В таблице представлены результаты по влиянию добавок в виде пека на характеристики кокса.

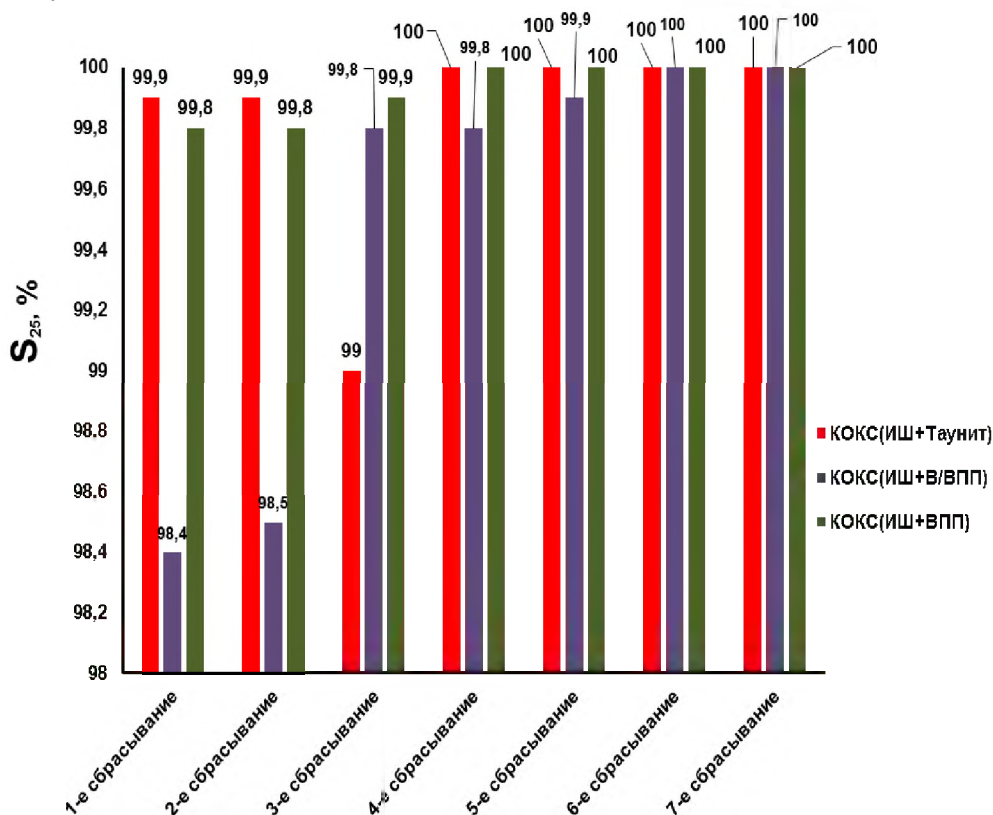
Таблица 4.

Данные о выходах коксов и их прочностных характеристиках полученных путем коксования шихт с добавками в виде смесей пеков, высокоплавкого пека и таунита

№	Название	Добавка, %	В, %	В _к , %	КМ, %	S_{10} , %	S_{25} , %
1	ИШ+В/ВПП	8/10,5	67,6	65,9	1,7	98,4	98,4
2	ИШ+В/ВПП	1/6,8	65,4	63,8	1,6	98,3	98,3
3	ИШ+ВПП	22,2	68,1	67,6	0,5	99,8	99,8
4	ИШ+Таунит	1,3	63,5	62,0	1,5	99,9	99,9

Сопоставляя данные из таблицы 3 для кокса из исходной шихты с данными из таблицы 4, видно, что добавка смеси пеков В/ВПП и пека

ВПП увеличивает выход кокса и снижает выход коксовой мелочи. Повышение доли В/ВПП с 7,8 % до 18,5 % повышает выход кокса на 2 % и не снижает выход коксовой мелочи и не увеличивает значение S_{10} и S_{25} . При добавлении ВПП в шихту происходило повышение выхода кокса и уменьшение КМ до 0,5 % а также увеличение S_{10} и S_{25} . Повышение выхода кокса при добавлении В/ВПП и ВПП связано с высокими выходами кокса для смесей данных пеков, так и для пека ВПП согласно результатам работы [29]. Также это может быть связано с тем, что введение в шихту пека повышаются пластометрические показатели согласно [16], тем самым увеличивается выход кокса. В случае добавления Таунита, увеличивается значение V_k и значения S_{10} и S_{25} . На рис.4 представлены диаграммы распределения S_{25} от числа сбрасывания полученных коксов.



Р и с . 4 Зависимость S_{25} при повторных сбрасываниях полученных коксов

Из рис.4 видно, что добавление в шихту Таунита позволяет получить высокопрочный кокс. Только при 3-м сбрасывании значение S_{25} упало с 99,9 до 99,0 %, а с 4-го по 7-е сбрасывания значение увеличилось

$S_{25}=100\%$. Для кокса, полученного добавлением В/ВПП и ВПП к шихте, значение S_{10} и S_{25} увеличиваются при повышении числа сбрасывания.

Выводы

1. Из рассмотренных неорганических веществ эффективной добавкой в шихту коксования является формиат никеля(II) моногидрат - 1,8 %.

2. Установлено, что при повышении числа сбрасывания увеличиваются прочностные характеристики для исходной шихты, и шихты с добавлением нитрат никеля(II) моногидрата и нитрата кобальта (II) гексагидрата.

3. Показано, что добавление высокоплавкого пека и смесей на его основе повышает выход и прочность кокса и сокращает выход коксовой мелочи.

4. Введение таунита в угольную шихту повышает выход кокса, снижает процент коксовой мелочи и повышает прочностные характеристики кокса.

Исследование выполнено в рамках государственного задания ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии СО РАН» номер проекта 1023032300042-4-1.4.3.

Список литературы

1. Камнева А. И. Химия горючих ископаемых. Москва: Химия, 1974. 271 с.
2. Станкевич А.С., Смелянский А.З., Беркутов Н.А., и др. Рациональное распределение углей и состава шихт для коксования // Кокс и химия. 2003. № 9. С. 16-21.
3. Зеленский О.И. Современные направления использования неспекающих добавок в производстве кокса // Углехимический журнал. 2013. № 3-4. С. 21-18.
4. Луазон Р., Фош П., Буайе А. Кокс. М.: Металлургия, 1975. 520.
5. Кузниченко В.М., Лобов А. А., Малько Н. И., Соловьев М.А. Влияние коксовой мелочи на свойство шихт для трамбования//Углехимический журнал. 2006. № 1-2. С. 11-13.
6. Кузниченко В.М. Влияние пыли УСТК и УБВК на трамбуемость шихты //Углехимический журнал. 2011. № 5-6. С. 39-42.
7. Тихов С.Д., Березин А. В., Нагибин П. Д., Швед В.С., Кошелев Е.А., Архангельский С.А. Коксовая пыль как компонент угольной шихты // Кокс и химия. 2004. № 2. С. 10-13.
8. Hague R. Carbonization of coals in the presence of iorganic additives // Miner. Eng.Soc.Techn.Mag.1969.P.33-46.
9. Климовицкая А. Б., Бородин Г.Е., Пивень Г.И., Вершинина С.В. Угольные шихты для коксования и добавки к ним (Обзор) // Кокс и химия.1989. №6. С. 9-11.

10. Ramon A., Menendez R., Marsh H. Improving coke strength by carbonization of alluminium with high volatile Spanish coal// *Fuel*.1989.vol. 68, №10. С. 1325-1329.
11. А.С № 1748434 СССР. Способ подготовки угольной шихты к коксованию Тамко В. А., Карпухин Е. А., Кауфман С. И., Шевкопляс В. Н., Квасов А. В., Саранчук В. И.. опубл.20.09.1997. —С.7.
12. Ощепков И. А. О коксовании углей с добавками Na-солей органических и минеральных кислот // *Вестник Кузбасского государственного технического университета*. 2006. 56.№ 5 . С.102-105.
13. Чжан С., Пэн Л., Руй Г., Панфей Л., Лян И. Получение высокопрочного кокса с высокой реакционной способностью добавлением в шихту сталеплавильного шлака // *Кокс и химия*. 2014 № 10 С. 21-28.
14. Козлов А. П., Барнаков Ч. Н. Карбонизация угля при его модифицировании солями фенилдиазония // *Химия твердого топлива*. 2000. № 5. С. 8-13.
15. Зеленский О.И. Получение кокса улучшенного качества из модифицированных насыпной и трамбованных шихт//*Угледоугольный журнал*. 2017. С.22-26.
16. Носоченко В.С., Петрик Г.К. Воздействие органических добавок на пластические свойства углей и прочность кокса // *Химия твердого топлива*. 1968. 1. С. 22-29.
17. Collin G., Dierk E.A., Weskamp W. Naukowo –techniczne i gospodarcze przeslanki stosowania dodatku paku weglego do mieszanek wsadowych w koksozniach//*Koks, smola, gaz*.1968. 31, 3. с. 46-51.\
18. Пат. Р.Ф. 2445342. Способ подготовки угольной шихты к коксованию. Валяс В.И., Венц В.А., Койнов А.С., Золтуев И.А., Терновой С.В., Мейнингер А. В; заявлено 31.12.2010, опубл. 20.03.2012; Бюл. № 8.
19. Трифанов В. Н., Горшков П. Г., Беляничев А. Н., Помазан А.Г., Торьяник Э.И., Лобов А.А., Кузьниченко В.М., Малько Н. И., Сытник А. В. Особенности производства кокса из угольной шихты с участием органических добавок // *Кокс и химия*.2007. № 6. С. 23-31.
20. Ковалев Р. Ю., Наймушина Т. М. Термообработка электродного пека // *Материалы во внешних полях: труды XIII Международного онлайн-симпозиума, Новокузнецк, 20 марта 2024 года. Новокузнецк: Сибирский государственный индустриальный университет, 2024. С. 93-94.*
21. Heath G. A., Majer J. R. Mass spectrometric study of the thermal decomposition of ammonium perchlorate// *Transactions of the Faraday Society*.1964.V. 60.P. 1783-1791.
22. Keenan A. G., Siegmund R.F. Thermal decomposition of ammonium perchlorate// *Q. Rev. Chem. Soc.* 1969. V. 23. P. 430-452.
23. Lascelles K, Morgan L.G., Nicholls D., Beyersmann D. Nickel Compounds. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry* Wiley-VCH, Weinheim, 2005. doi:10.1002/14356007.a17_235.pub.
24. Петров В.Г., Александров В.А., Шумилова М.А.Термогравиметрическое исследование разложение гексагидрата

- нитрата кобальта//Химическая физика и мезоскопия. 2014. Т 16, №1. С.152-154.
25. Давыдов Е.Я., Гапонова И.С., Парийский Г.Б., Похолок Т.В. Ион-радикальный механизм взаимодействия полимеров с диоксидом азота//Высокомолекулярные соединения. 2006. Серия А, т 48, № 4. С. 599-607.
26. Тамплон В.В. Влияние отошающих добавок на спекание и пиролиз углей различных петрографических типов //Химия твердого топлива. 1982. № 2. С. 40-42.
27. Zhou B, Hermans S., Somorjai G.A. Nanotechnology in Catalysis. NY: Plenum Publisher. 2004. Т. 1. p.584.
28. Kotz J., Treichel P., Townsend J. Chemistry and Chemical Reactivity, Enhanced Edition. P.1298.
29. Ковалев Р. Ю., Никитин А. П. Термическая обработка электродных каменноугольных пеков и смесей на их основе// Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2025. № 1(51). С. 63-71.

Об авторах:

КОВАЛЕВ Родион Юрьевич – кандидат физико-математических наук, научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (650000, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т Советский, д. 18). E-mail: Kovaleviuhm@yandex.ru, ORCID: 0009-0001-7776-7440, SPIN-код: 8244-8479, РИНЦ AuthorID: 802341.

НИКИТИН Андрей Павлович – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр угля и углехимии Сибирского отделения Российской академии наук» (650000, Россия, Кемеровская область, г. Кемерово, пр-т Советский, д. 18). E-mail: nikitinandreyp@yandex.ru, ORCID: 0000-0003-2187-2281, SPIN-код: 2980-7637, РИНЦ AuthorID: 113850.

EFFECT OF CHEMICAL MODIFICATION OF COAL SHIELD ON COKE PROPERTIES

R.Yu. Kovalev, A. P. Nikitin

The Federal Research Center of Coal and Coal-Chemistry of SB RAS, Kemerovo

This article presents the results of experiments on the effect of various additives in the coal charge on the yield of coke and its strength characteristics. The initial coals used were GZh, Zh, and K grades. The effect of adding inorganic materials to the coal charge on the yield and strength of coke was evaluated. It was shown that adding high-melting pitch and mixtures based on it to the coal charge increases the yield of coke and improves the dropping index.

Keywords: *coal, coking, coke yield, coke, coking charge, coke dumping index.*

Дата поступления в редакцию: 27.01.2026.

Дата принятия в печать: 06.02.2026.