

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А. Б. БЕКТУРОВА»

4 (60)

ОКТАБРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТАБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2017

УДК 662.732

Ж. К. КАИРБЕКОВ¹, Н. ЖАЛҒАСҰЛЫ³, Э. Т. ЕРМОЛДИНА²,
А. МЫРЗАГАЛИЕВА¹, А. МАХМЕТОВ¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби,

²ДГП НИИ Новых химических технологий и материалов,

³Институт горного дела им. Д. А. Кунаева, Алматы, Республика Казахстан.

E-mail: ermoldina@mail.ru

БРИКЕТИРОВАНИЕ УГОЛЬНЫХ ОТСЕВОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ОЙ-КАРАГАЙ»

Аннотация. Брикетирование углей является одной из важнейших проблем для многих предприятий угольной промышленности. Среди ряда связующих, применяемых в практике углебрикетного производства, наиболее эффективными по технологическим и экономическим параметрам являются битумные связующие, обеспечивающие высокую прочность и калорийность угольных брикетов. Авторами были проведены исследования, позволившие определить влияние связующего на механическую прочность брикетов. Представлены экспериментальные данные, полученные при разработке технологии производства брикетированного топлива из бурых углей с использованием битума марки БН 70/30. Установлено, что применение битума в количестве до 12% при соблюдении технологии брикетирования угля месторождения «Ой-Карагай» в оптимальных режимах, способствует повышению качества угольного топлива в виде брикетов, при этом механическая прочность повышается на 15 % и их сопротивление к раздавливающим нагрузкам, что способствует сохранению целостности брикетов при перевозках ж.д. транспортом и при хранении в штабелях.

Ключевые слова: брикетирование, бурый уголь, битум, механическая прочность.

Уголь, размеры частиц которого ниже 13 мм, в Казахстане составляет не менее 50% от общего добываемого его количества. Он практически мало используется в печах, снабженных слоевыми топками. Однако, этот класс углей является сырьем для производства окускованного топлива, дефицит которого в Республике Казахстан составляет более 5 млн т. Кроме того, использование мелких классов приводит к ухудшению теплотехнических показателей топочных устройств, коэффициент полезного действия которых снижается примерно на 20% по сравнению со сжиганием в них брикетов из угля [1, 2].

В связи с этим возникает проблема рационального природопользования путем комплексной переработки и использования невосполнимых полезных ископаемых.

Одним из самых эффективных методов решения этой проблемы является окускование угля и мелкодисперсных материалов путем агломерации и грануляции. В последнее время возрос интерес к иному процессу окускования – брикетированию [3-7].

Гранулирование – это процесс получения гранул из измельченных сыпучих материалов при их окатывании на вращающихся поверхностях. Образование гранул из мелкого угля на вращающихся дисках – грануляторах, происходит под действием сил поверхностного натяжения пленок воды или другой жидкости, покрывающих частицы. Гранулирование ископаемых углей не получило распространения, хотя имеются предложения по гранулированию бурых углей, а также применению этого процесса для получения угольных шихт для коксования с повышенной насыпной плотностью.

Брикетирование – это процесс переработки материала в куски геометрически правильной и однообразной в каждом случае формы, практически одинаковой массы – брикеты. При брикетировании углей создаются дополнительные сырьевые ресурсы из мелких материалов, т.е. накопившейся угольной мелочи и пыли.

Проблема производства брикетов состоит в том, что угольный штыб из различных месторождений, и даже с одного месторождения, но из различных пластов и участков, обладает свойством различного уровня брикетированности от легкобрикетирующихся (угли марки Б1 и Б3) до труднобрикетирующихся (каменные угли и антрацит высокой степени метаморфизма). Для получения прочных, атмосфероустойчивых и высококалорийных брикетов, к тому же пористых для лучшего горения и дешевых, необходимо для каждого угля проводить специальные исследования по определению оптимального вещественного гранулометрического состава брикетов и оптимальных параметров, режимов и технологии брикетирования угля. Без таких исследований невозможно получить брикеты с хорошими потребительскими свойствами.

Выход мелочи при добыче Ой-Карагайского угля составляет 40 %, поэтому нами рассматривается вопрос об ее брикетировании.

Физико-механические и химические свойства Ой-Карагайского приведены в таблице 1.

Экспериментальная часть

Методики получения брикетов и оценка их качества. Для получения брикетов и определения компрессионных характеристик угля в лабораторных условиях использовали следующее основное оборудование: цилиндрическую пресс – форму, состоящую из матрицы с внутренним диаметром 50 мм и двух пуансонов (верхний и нижний); испытательной машины Р – 5 и гидравлического пресса 2ПГ – 50, обеспечивающего приложение усилий прессования до 250 кН и позволяющего создавать давление прессования до 120 МПа (1200 кг/см²) в пресс – форме. В исследованиях использовали пуансоны с плоской и сферической прессующей поверхностью (получаемые брикеты имели цилиндрическую и чечевицеобразную форму).

Таблица 1 – Физико-механические и химические свойства Ой-Карагайского угля

Характеристика угля	%	Химический состав		Компоненты	
Марка угля БЗ		SiO ₂	11,3-6,0	Битумы	0,65 %
Зольность	20,7	Al ₂ O ₃	6,1-13,5	Объемный вес	1,2 т/м ³
Аналитическая влажность	7,8	Fe ₂ O ₃	8,3-20,6	Удельный вес	1,74 г/см ³
Низшая теплота сгорания, 3600 ккал/ч;		P ₂ O ₅		Атмосферостойкостью	Средняя
Выход летучих веществ	27-45	CaO		Самовозгорания	Легковозгораемая
Содержание серы	0,6-1,1	MgO	0,9-2,9	Кусковатость:	
Содержание углерода	75-83	SO ₂		БК – бурый крупный	50-100 мм; (20 %)
Содержание кислорода	15-37	SiO ₂	11,3-26,0	БОМ – бурый орех мелкий	13-50 мм; (44%)
Содержание водорода	3,0-6,5			БСШ – бурый семечко со штыбом	0-13 мм; (36,1 %)

Температурный режим брикетирования – нагрев связующего и угля, их смешение и прессование – предварительно задавали на основании многолетнего опыта работы с выбранным связующим (свойства связующего определяют режим брикетирования) и уточняли в процессе проведения исследований с учетом характеристик угля.

Связующее (битум) в заданном количестве нагревали до режимной температуры и смешивали готовности с нагретым до заданной температуры углем. Полученную смесь охлаждали до температуры прессования, загружали в матрицу пресс – формы и на гидравлическом прессе прессовали при различном давлении – от 20 до 95 МПа (от 200 до 950 кг/см²). Нижняя величина значения давления прессования приблизительно соответствует давлению при уплотнении брикетируемой массы в ячейках валковых прессов низкого давления, применяемых при брикетировании углей со связующими, верхняя величина – валковых прессом среднего и высокого давления.

Качество полученных брикетов оценивали по прочности единичных брикетов: визуально оценивали также качество подготовленной к брикетированию смеси (по степени «обмасливания» угля). Определяли два показателя прочности брикетов: при испытаниях на сбрасывание и сжатием. В первом случае сбрасывали последовательно 4-6 брикетов с высоты 1,5 м на стальную плиту (максимальное количество сбрасываний для каждого брикета – восстановленное и достаточное – десятикратное) и фиксировали количество падений, которое выдерживает брикет не растрескиваясь и не разрушаясь. Прочность на сжатие определяли, выдавливая брикет (3–4 шт)

на испытательной машине типа Р – 5. При этом определяли прочность как свежих («сырых») брикетов, выходящих сразу из пресс – формы после наложения давления прессования, так и брикетов, выдержанных (охлажденных) при комнатной температуре (18–20 °С) в течение 24 ч.

Первый показатель характеризует способность брикетов противостоять динамическим ударным нагрузкам (на перепадах при транспортировке, перегрузках и т.д.); второй показатель – способность брикетов выдерживать статические нагрузки (при транспортировке в насыпи (в вагонах), хранении в бункерах или штабелях на складе). Большое значение играет прочность «свежих» брикетов, определяющая условия приема, транспортировки и хранения брикетов в течение первых 20–40 минут после их получения. Прочность брикетов через часа позволяет прогнозировать уровень их разрушения при дальнейших перегрузках, транспортировки и хранении у потребителей.

Результаты и их обсуждения.

Брикетирование угля с нефтебитумом БН 70/30. Бурый уголь крупностью 3-0 мм брикетировали в пресс-форме с пуансонами со сферической прессующей поверхностью и получением брикетов чечевицеобразной формы. Брикеты массой 32–33 г, 38–40 г и 44–46 г имели толщину поясной кромки 2–3 мм, 4–5 мм и 7–8 мм соответственно.

Температурный режим брикетирования – нагрев связующего, смешивание его с углем и охлаждение смеси до температуры прессования – определяется реологическими свойствами битума. Битум нагревали до жидкотекучего состояния (температура 230–240°), уголь – до температуры 95–115°. Компоненты смешивали и готовую смесь прессовали при различных режимных температурах на гидравлическом прессе при давлении 200 кгс/см² (20 МПа). Как отмечалось ранее [1, 2], эта величина приблизительно соответствует давлению, создаваемому при уплотнении брикетируемой массы в ячейках валковых прессов, применяемых при производстве топ-ливных брикетов из углей со связующими.

Результаты данного этапа исследований приведены в таблице 2. Из таблицы видно, что устойчивые к динамическим нагрузкам «сырые» брикеты (форма «чечевица») с толщиной поясной кромки (2–3 мм) формируются при расходах битума 10–12 % (при расходе битума 8 % образуются брикеты минимально допустимой прочности по показателю сбрасывания). При определении прочности на сжатие «сырые» брикеты просто сминаются, не разрушаясь, и четкая фиксация величины показателя невозможна. Однако после хранения в течение суток при температуре 18–20° прочность этих брикетов резко снижается как по устойчивости к динамическим, так и статическим нагрузкам.

Повышение давления прессования (с 200 до 400 и даже 900 кгс/см²) не способствует повышению механической прочности как «сырых», так и вы-

Таблица 2 – Влияние расхода битума БН 70/30 на прочность брикета

Расход битума, % масс.	Температура прессования, °	Прочность брикетов				Толщина поясной кромки, мм
		При сбрасывании к-во падений (n) с 1,5 м		При сжатии кг/брикет		
		«сырой»	через 24 ч	«сырой»	через 24 ч	
8	85	6	0	~10	~3-5	2-3
8	80	6	0	~10	~3-5	2-3
8	75	6	0	~10	~3-5	2-3
10	85	10	2	~10	–	2-3
10	80	9	2	~10	–	2-3
10	75	10	2	~10	–	2-3
10	65	2	–	–	–	2-3
12	85	10(14)	3	–	–	2-3
12	75	9	2	–	–	2-3
12	65	3	–	–	–	2-3
12	75	9	10	~10	23	11
12	75	8	9	~10	16	8
12	75	9	3	~10	~10	5
12	75	9	1	~10	~3-5	2
10 ¹	80	2	–	~3-5	–	3
8 ²	80	6	1	–	–	2
10 ³	80	9	1	–	–	2-3
8	85	2	0	~3-5	–	12
10	85	3	1	–	–	12
8 ⁴	85	4	2	10 кг/см ²	–	Цилиндр
10 ⁴	85	4	4	20 кг/см ²	–	Цилиндр

Примечания:
1) добавление 5 % (масс) горячей воды (~90 °) перед введением связующего;
2) давление прессования 400 кгс/см² (40 МПа);
3) давление прессования 890 кгс/см² (89 МПа);
4) цилиндрические брикеты получены для сопоставления: масса брикетов 60–61 г, объем 53–54 см³.

держанных в течение 24 ч брикетов с такой минимальной поясной кромкой. В тоже время брикеты с толщиной поясной кромки 8–12 мм, полученные при принятом в технологии брикетирования углей давлении прессования (около 200 кгс/см²), обладают высокой механической прочностью как сразу после выхода из пресса, так и после хранения в течение суток (расход битума при этом 12 %).

Дополнительные эксперименты также показали, что наличие влаги в угле перед смешением его с битумом отрицательно сказывается на прочности брикетов.

Как в варианте брикетирования угля с жидким стеклом [2], все отмеченные особенности брикетирования с битумом обусловлены его специфическими релаксационными свойствами и чрезмерно развитой поверхностью и пористостью (высоким содержанием фюзенизированных компонентов). Более эффективное использование битума в качестве связующего, по сравнению с применением жидкого стекла, определяется отличием их реологических и вязкостных (клеящих) свойств. Водоустойчивость битума играет при этом двоякую роль: с одной стороны не снижаются его вязкостно-реологические характеристики, с другой – существенно снижается адгезионное взаимодействие (прочность контакта) с влажной развитой поверхностью угольных частиц.

В результате проведенных исследований по определению влияния нефтебитумных связующих материалов, применяемых для брикетирования углей, было установлено следующее: применение битума в количестве до 12% при соблюдении технологии брикетирования угля месторождения Ой-Карагай в оптимальных режимах способствует повышению качества угольного топлива в виде брикетов, при этом механическая прочность повышается на 15 %, а также повышается их сопротивление к раздавливающим нагрузкам, что способствует сохранению целостности брикетов при перевозках ж.д. транспортом и при хранении в штабелях. При этом не требуется дополнительных энергетических затрат на температурную подготовку связующего материала и шихты из угля, не усложняется весь цикл технологических операций по подготовке и прессованию шихты, а также по температуре и времени структурообразования брикетов. Следует отметить, что превышение содержания связующего выше 12% приводит к снижению прочности брикетов по отношению к достигнутому значению. Таким образом, брикетирование угля марки БЗ разреза «Ой-Карагай» с нефтебитумом БН 70/30 позволяет получить на высокопроизводительных валковых прессах прочные топливные брикеты.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каирбеков Ж.К., Емельянова В.С., Жубанов К.А., Мылтыкбаева Ж.К., Байжомартов Б.Б. Теория и практика переработки угля. – Алматы: Білім, 2013. 496 с.
- [2] Каирбеков Ж.К., Токтамысов М.Т., Жалгасулы Н., Ешова Ж.Т. Комплексная переработка бурых углей Центрального Казахстана. Алматы: Қазақ университеті, 2014. 278 с.
- [3] Лурье Л.А., Бойцова Г.Ф., Равич Б.М. Исследования по брикетированию бурых углей.
- [4] Пахалюк И.Ф., Болдырев В.А. Брикетирование углей. – М.: Глетехиздат, 1957.
- [5] Отчет по хоздоговорной НИР «Разработка и освоение технологии брикетирования угля с получением конкурентноспособной продукции» ИГД им Д.А. Кунаева. – Алматы, 2002.
- [6] Елишевич А.Т. Брикетирование полезных ископаемых. Киев; Одесса: Лыбидь, 1990. – 296 с.
- [7] Пахалюк И.Ф., Болдырев В.Р. Брикетирование углей. – М.: Углетехиздат, 1957. –179 с.

REFERENCES

- [1] Kairbekov Zh.K., Emelyanova V.S., Zhubanov K.A., Myltykbaeva Zh.K., Bayizhomartov B.B. Theory and practice of coal processing. Almaty: Bilim, 2013. 496 p.

- [2] Kairbekov Zh.K., Toktamysov M.T., Zhalgasuly N., Eshova Zh.T. Kompleksnaya pererabotka burykh uglei Tsentralnogo Kazakhstana. Almaty: Kazakh universiteti, 2014. 278 p.
- [3] Lurie L.A., Boyitsov G.F., Ravich B.M. Issledovanie po briketirovaniyu burykh uglei.
- [4] Pakhalyuk I.F., Boldyrev V.A. Briketirovanie uglei. M.: Gletekhizdat. 1957.
- [5] Otchet po khosdogovornoj NIR "Razrabotka i osvoenie tekhnologi briketirovanie burykh uglei s polucheniem konkurentsposobnoi produktcii" IGD im. Konaeva. Almaty, 2002.
- [6] Elishevich A.T. Briketirovanie poleznykh iskopaemikh. Kiev; Odessa: Lybid, 1990. 296 p.
- [7] Pachalyuk I.F., Boldyrev B.P. Briketirovanie uglei. M.: Ugletechizdat, 1957. 179 p.

Резюме

Ж. К. Каирбеков, Н. Жалгасұлы, Э. Т. Ермолдина, А. Мырзағалиева, А. Махметов

ОЙ-ҚАРАҒАЙ КЕН ОРНЫНЫҢ ҰСАҚ КӨМІРІН БРИКЕТТЕУ

Көмірді брикеттеу көмір өнеркәсібінің көптеген кәсіпорындарының ең маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Көмірді брикеттеу өндірісінде қолданылатын байланыстырғыштардың арасында технологиялық және экономикалық параметрлер бойынша ең тиімдісі битум болып табылады, ол көмір брикеттеріне беріктік және жоғары калорияны қамтамасыз етеді. Брикеттердің механикалық беріктігіне байланыстырушы әсерін анықтау жөнінде зерттеулер жүзеге асырылды. Қоңыр көмірлерінен брикет отындарын өндіру технологиясын жасауда БН 70/30 маркалы битум пайдаланып, оның эксперименттік мәндері келтірілген. Оңтайлы жағдайларда көмірді брикеттеу технологиясында Ой-Қарағай кен орны көміріне 12% – мөлшерде битумды қосу оның беріктігі мен тұрақтылығын 15 %-ға арттыратыны анықталған.

Түйін сөздер: брикеттеу, қоңыр көмір, битум, механикалық беріктік.

Summary

Zh. Kairbekov, N. Zhalyazyun, E. T. Ermoldina, A. Myrzagalieva, A. Makhmetov

BRIQUETTING OF COAL DEPOSITS OF DEPOSITOY-KARAGAY

Briquetting of coals is one of the most important problems for many enterprises of the coal industry. Among a number of binders used in the practice of carbon-fiber production, the most effective in terms of technological and economic parameters are bituminous binders, which ensure high strength and caloric content of coal briquettes. The authors carried out investigations that allowed determining the influence of the binder on the mechanical strength of briquettes. Experimental data obtained during the development of technology for the production of briquetted fuel from brown coal using bitumen BN 70/30 is presented. It has been established that the use of bitumen in an amount of up to 12% while observing the coal briquetting technology of the Oy-Karagai deposit in optimal conditions promotes the quality of coal fuel in the form of briquettes, while the mechanical strength increases by 15%, and their resistance to crushing loads increases, which contributes to the preservation of the integrity of briquettes in the transportation of railways. transport and storage in stacks.

Key words: briquetting, brown coal, bitumen, mechanical strength.