

УДК 622.648

В.С. Солодов, А.В. Папин, В.И. Косинцев, А.И. Сечин

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОДИСПЕРСНЫХ ТВЕРДЫХ УГЛЕРОДСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

В современных условиях развития рыночной экономики активно повышается энергопотребление, что неизбежно ведет к созданию эффективных энергосберегающих технологий, обеспечивающих комплексное использование сырья и материалов с максимальным снижением вредного воздействия на окружающую природную среду.

В России уже накоплено и продолжает накапливаться огромное количество отходов, которые занимают значительные территории и загрязняют воздушный бассейн, водные объекты, землю и тем самым ухудшают качество среды обитания человека, например, накоплены в местах лесопереработки огромные количества опилок, лигнина, лигносульфонатов; в угольных регионах накоплены миллионы тонн угольных шламов угольной и коксовой пыли; близ городов накоплены большие объемы осадков от очистки сточных вод и другие отходы. Эти отходы занимают значительные территории, выделяют в воздух вредные вещества, с дождевыми и внешними водами из хранилищ отходов они попадают в реки, озера, пруды.

Основными производствами, загрязняющими окружающую среду являются предприятия угольной, химической и металлургической отраслей.

Металлургические предприятия неразрывно связаны с производством кокса. Основным отходом технологического процесса получения кокса является коксовая пыль. Это ценное топливо с высоким содержанием углерода. При этом, по данным ученых, коксовой пыли на коксохимических предприятиях в среднем образуется более 18 тыс. т. в год, если учитывать, что в России насчитывается 12 коксохимических производств, то эти объемы весьма значительны. [1]

В одном только Кузнецком бассейне неиспользованной угольной мелочи насчитывается около 30 млн. т. Места складирования подобных отходов без преувеличения можно называть ценными техногенными месторождениями. Параллельно этому в России всё сильнее ощущается дефицит дешевого сортового топлива для коммунально-бытовых нужд. Годовая потребность в окускованном топливе в наши дни составляет 75-77 млн. т.; а на период 2005-2015 эта потребность составит 55-60 млн. т. в год, в том числе для населения около 40 млн.т.[2]

В то же время эти энергонесущие отходы могут служить сырьем для производства топливных брикетов.

Брикетиrowание углей представляет собой процесс механической переработки угольной (коксовой) мелочи в кусковое топливо – брикеты,

имеющие определенные характеристики: форму, размеры и массу. [3]

Брикетиrowание в черной металлургии - это наиболее ранний способ окускования, который широко применяется для этой цели во второй половине XIX столетия. В начале XX столетия брикетиrowание было вытеснено агломерацией по причинам:

- неэкономичность окускования брикетиrowанием при помощи маломощных прессов с низкой производительностью, в то время как в агломерации были созданы машины с производительностью 2000 т. и более агломерата в сутки;
- возможность при агломерации удалить вредные примеси (S, As, Zn, и др);
- получать агломерат в офлюсованном виде.

В настоящее время производство металлургических брикетов в России не получило развитие в широких производственных масштабах по тем же самым причинам, хотя с точки зрения технологии и экономики производства оно имеет ряд преимуществ перед грануляцией:

- брикеты имеют одинаковую правильную форму и вес, в данном объеме содержат больше металла, они обладают более высокой прочностью и лучшей транспортабельностью;
- обладают более высоким удельным весом;
- количество оборотного продукта на агломерационной фабрике составляет около 20-25%, а иногда и выше от общего потока шихты, в то время как на брикетной фабрике - не более 2%;
- весь кислород руды в брикете остается активным, в агломерате же он находится в связанном состоянии (в виде силикатов), первое особенно важно для доменного производства;
- экологическая безопасность брикетов (безотходность, отсутствие высоких температур при изготовлении);
- возможность применения в брикете в любом соотношении углеродосодержащего наполнителя для активизации процессов в металлургической печи (карбюризатор, восстановитель, энергоноситель);
- возможность использования всех видов тонкодисперсных железифлюсолигироуглеродосодержащих отходов металлургического передела.

Надо учесть, что попытки использовать брикетиrowание в металлургии для подготовки неметаллической шихты не прекращались никогда. Особенно полно брикетиrowание как метод окускования отвечает требованиям утилизации мел-

ких отходов метзаводов (сравнительно небольшое воспроизводство, непостоянство физико-химических свойств и пр.).

За рубежом активно занимаются брикетированием отходов, однако информацию об этих технологиях стараются не распространять и достаточно строго охраняют. Необходимо заметить, что зарубежные брикетные производства, даже использующие не отходы, а полноценное сырье, высоко рентабельны. В развитых странах брикетированию постоянно уделяется самое пристальное внимание. Инвестируются значительные средства в научные и технологические разработки, в строительство новых и совершенствование существующих брикетных производств, особенно использующих отходы или низкосортное сырье. В Англии, Франции, Германии, Чехии, Польше, Турции, США, Австралии и других странах по различным технологиям производят брикеты на базе угольной мелочи в больших объемах. Это обусловлено тем, что при сжигании угольных брикетов, по сравнению с сжиганием рядового угля, повышается на 25-35% КПД топочных устройств, снижаются на 15-20% выбросы сернистого газа, более чем вдвое снижаются выбросы твердых веществ с дымовыми газами, а также на 15-20% снижается недожог горючих компонентов. Metallургическими предприятиями Франции ежегодно перерабатывается в брикеты до 4 млн.т. железосодержащих шламов и улавливаемой в газоочистках пыли. В черной металлургии США и стран Западной Европы уже давно наряду с железосодержащими материалами брикетируются другие мелкие отходы: известковая пыль, отходы ферросплавного производства, некондиционная мелочь плавикового шпата и прочие весьма ценные материалы. На их основе получают шихтовые брикеты и флюсы для металлургического производства.

Таким образом, используя отходы в процессе брикетирования, можно существенно экономить энергетические и сырьевые ресурсы, снижать загрязнение окружающей среды, а также создавать новые, эффективные рабочие места и за счет рентабельной работы брикетных производств пополнять местные и федеральный бюджеты. Отсюда очевидно, что брикетирование отходов полностью отвечает целям реструктуризации хозяйства России, в частности, при реструктуризации угольной отрасли имеет смысл создавать брикетные производства для переработки отходов в угольных регионах.

В 1858 в Германии пущена первая буроугольная брикетная фабрика, а в 1860 — каменноугольная с вальцевыми прессами. Окускование рудной мелочи брикетированием широко применялось во 2-й половине XIX в. В России метод брикетирования предложен в 30-х гг. XIX в. русским изобретателем А. П. Вешняковым, который разработал метод получения прочных брикетов из отходов древесного и каменного угля, назвав этот вид топ-

лива карболеином. Однако, процесс окускования коксовой мелочи методом брикетирования в России не получил развития в широких производственных масштабах.

В Советском Союзе инновационной явилась Донецкая брикетная фабрика, где впервые в качестве связующего вещества применялся нефтяной битум. До этого долгое время использовался каменноугольный пек. В связи с тем, что пек — это дефицитное и канцерогенное связующее, со временем его вытеснил нефтяной битум.

Переработка топлива с помощью различных технологий брикетирования в наши дни широко осуществляется в большинстве стран Европы, так же в Австралии, Великобритании и странах третьего мира. По некоторым данным, во Франции ежегодно производится до 1,5 млн. тонн угольных брикетов, в Бельгии, Англии — до 1 млн. тонн. В целом же во всей Европе 4 млн. тонн угольных брикетов.

В Японии широкое промышленное применение получил процесс частичного брикетирования угольной шихты. Этот процесс внедрен на пяти коксохимических фабриках этой страны. В табл. 1 приведена мощность установок: [4]

Таблица 1. Мощность установок частичного брикетирования угольной шихты Японии

Название фабрики	Город	Мощность, т/сут
Син Ниппон сэйтэц	Тобата	2400
Ниппон кокан	Мидауэ	1000
Ниппон кокан	Фукуяма	3000
Сумитокиндзоукоге	Вакаяма	1700
Сумитокоге	Касима	4700

В качестве связующего при брикетировании используют каменно-угольный пек, а на некоторых установках — высокотемпературный нефтяной пек, получаемый термическим крекингом кубовых остатков вакуумной дистилляции нефти. Промышленная установка пропускной способностью 1 млн.т/год сырья введена в действие фирмой «Sumitokindsoucoge» в феврале 1976 г. в Содегауре. За год установка вырабатывает 300 тыс.т/год высокотемпературного нефтяного пека и 650 млн.т/год малосернистого жидкого топлива для металлургических заводов.

Характеристика использованного пека приведена в табл. 2:

Таблица 2. Характеристика использованного пека

Пек	Нефтяной	Каменно-угольный
Температура размягчения	150-200	60-80
Технический анализ, %		
Зольность	<0,3	<0,3
Выход летучих	34-35	63-68
Содержание связанного углерода	55-66	32-37

В 1981 г. на металлургическом заводе Вакаяма фирмы «Sumitomo» введена в эксплуатацию крупнейшая в мире установка частичного брикетирования шихты прессом Сумикол. Новейшая установка представляла собой модернизированный вариант первоначальной установки завода и оснащена высокопроизводительным оборудованием для улавливания вредных выбросов. Установка полностью автоматизирована, режимы работы устанавливаются в зависимости от связующего. Применяются прессы производительностью 90-120 т/ч, которые позволяют варьировать в широком диапазоне производительность установки. [4,5]

В Румынии разработан метод получения металлургического кокса из неспекающихся углей путем предварительной термообработки, брикетирования со связующими и последующего коксования брикетов. Полузаводские испытания позволили рекомендовать следующий состав шихты: 50% неспекающегося угля, 20% газового угля, 18% полукокса и 12 % каменноугольного пека. При этом угли должны быть измельчены до класса 0,2 мм, а полукокс до класса менее 1 мм. Шихта прессуется под давлением 250-260 кПа. Полученные брикеты обладают характеристиками, приведенными в табл. 3: [5]

Таблица 3. Характеристика брикетов

Характеристика	%
Влажность	2 - 14
Зольность	14 - 15,7
Выход летучих веществ	0,5 - 3,0
Сернистость	2 - 2,75
Пористость	39 - 45

В настоящее время исследуется возможность замены каменноугольного пека нефтебитумом или пеком, полученным при коксовании.

В 2000 г. профессор Лобыч А.М. предложил ряд новых технологий - частичное брикетирование, термоподготовка и тромбование шихты, обеспечивающих увеличение прочности кокса одновременно с введением в шихту до 20 % недефицитных слабоспекающихся углей. Профессор Лобыч А.М. утверждает, что наиболее осуществимой на действующих коксохимических предприятиях является технология частичного брикетирования, которая заключается в брикетировании части шихты около 30 % со связующими веществами. Брикетируются либо часть всей шихты, либо только слабоспекающаяся ее часть. Полученные брикеты добавляются к основной массе шихты и смесь измельченного угля и брикетов коксуется в камерных печах слоевого коксования. Брикетированием части шихты со связующим обеспечивается увеличение начальной плотности загрузки, высокая плотность контактов между зернами, что позволяет обеспечить хорошее спекание угольных шихт с участием 20-25 % слабоспекаю-

щихся недефицитных углей. Хорошее спекание гарантирует высокое качество металлургического кокса. В этой работе рассматривается способ брикетирования коксовой мелочи с нефтесвязующими веществами с последующим измельчением коксобрикетов совместно с угольной шихтой и коксованием в камерных печах на коксохимических предприятиях. Основные преимущества частичного брикетирования шихты, по сравнению с другими методами подготовки отоженных шихт к коксованию, состоят в том, что данный способ легко вписывается в технологическую схему коксохимических предприятий, предполагает использовать существующий печной фонд и надежен в эксплуатации.

Известен способ получения коксовых брикетов, включающих смешение коксовой мелочи с жидким нефтебитумом, в который предварительно добавляют 4-6 мас. Коксовой пыли, затем смешивают модифицированным 10-20 мас. Порошка карбамида концентратом сульфит-спиртовой барды, брикетирование смеси на вальцовом прессе при давлении 20-30 мин, используют коксовую мелочь с размером частиц: 0,05 - 10%; 0,025-0,05% - 25%; 0,01-0,025 - 35% и 0,025 - 30%.

Недостаток известного способа связан со сложностью реализации на практике точного соотношения указанных размеров частиц коксовой пыли.

Существует еще один способ получения коксовых брикетов, включающий в себя смешение мелочи с размером частиц: 3 мм - 20%; 0,55 - 30-35% и 0,2 мм - 50-75% со связующим на основе производного сульфокислоты (жидкий или в виде порошка лигносульфонат аммония или кальция) в количестве 3-10 мас. брикетирование смеси при давлении 100-200 Мпа и последующую термообработку брикетов при 200-700°C в течении 10-120 мин.

Недостатком этого способа являются значительные капитальные затраты, связанные с установкой прессов, развивающих высокое давление, что влечет дополнительные энергетические затраты и снижает производительность установки, а также переуплотнение брикета приводит к значительному снижению его реакционной способности.

В 1995 году Лурий Валерий Григорьевич предложил способ получения коксовых брикетов, назвав его "KOKSBRIK". Брикеты, полученные данным способом, Лурий предлагает использовать в качестве энергоносителя, восстановителя для электротермического производства фосфора, чугуна, стали, ферросплавов, огнеупорных изделий, сахара, а также в качестве топлива в бытовых и промышленных топках.

Сущность изобретения: в предложенном способе, включающем смешения коксовой мелочи с 3-10 мас.% связующего на основе производного

сульфокислоты, брикетирование смеси и последующую термообработку при 200-700°C в течении 10-120 мин, для смешения используют коксовую мелочь размером частиц в следующем соотношении: 6-2.5 мм – 15-25 мас.% менее 1мм до 100 мас.% и брикетирование ведут под давлением 5-90 МПа; в качестве связующего используют лигносульфонат или натриевую сольметиленафталинсульфокислоты, которые могут быть модифицированы 10-30 мас.% кубовыми остатками ректификации таллового масла.

Известно множество технологий брикетирования коксовой пыли со связующими, являющимися отходами коксохимического производства, такими как фусы, тяжелыми фракциями поглотительного масла, нафталин и т.д. Главным достоинством этих технологий является то, что не требуется финансовых затрат на закупку и транспортировку связующего извне, производство брикетов может осуществляться непосредственно на территории коксохимического предприятия.

Недостатком этих технологий является то, что при сжигании брикетов происходит значительный выброс токсичных продуктов горения в атмосферу. Решением этой проблемы, может стать терми-

ческая обработка брикетов, что в свою очередь делает брикеты бездымными. Брикеты приготовленные с использованием каменноугольных фусов и не прошедших термоподготовку не являются бездымными, поэтому как топливо они подходят только для крупных предприятий, обладающих мощной системой очистки дымоходов. Небольшие предприятия и частные потребители нуждаются в бездымных брикетах. Здесь возникает другая проблема, проблема энергозатрат на термообработку полученных брикетов.

На основе проведенного анализа технологий брикетирования можно сделать следующие выводы:

1. брикетирование тонкодисперсных углеродсодержащих веществ остается актуальным процессом;
2. предпочтение отдается технологиям получения бездымных брикетов с применением дешевого связующего.
3. Мало изученным остается механизм формирования брикета как трехфазной системы, а также влияние параметров на термодинамику процесса.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химическая технология горючих ископаемых / Макаров Г.Н., Харлампович Г.Д., Королев Ю.Г. и др.; Под ред. Макарова Г.Н. и Харламповича Г.Д. – М.: Химия, 1986 – 496 с.
2. Энергетическая стратегия России на период до 2020 года, утвержденная постановлением Правительства РФ от 28 августа 2003 г. № 1234-р.
3. Брикетирование углей / Крохин В.Н.//М.: Недра, 1974. – 216 с.
4. Частичное брикетирование углей в Японии//Steeltodayandtomorrow, 1976. - № 16, p. 8-9
5. Расширение сырьевой базы коксования//Technocral, 1981, V. 14 №8. – p.61., Cluckauf, 1981, Bd 117. - № 18. – S.1260

□ Авторы статьи:

Солодов  
Вячеслав Сергеевич  
инженер  
Тел. 8-903-942-95-15

Папин  
Андрей Владимирович,  
канд. техн. наук, доц.,  
начальник НИУ КузГТУ.  
Тел. 3842- 58-30-73

Косинцев  
Виктор Иванович  
докт. техн. наук, профес-  
сор Томского политехни-  
ческого ун-та  
Тел. (3822) 563-784

Сечин  
Александр Иванович  
докт. техн. наук, профес-  
сор Томского политехни-  
ческого ун-та.  
Тел. (3822) 563-784