

УДК 621.798.4:662.818:504.064.4

П.Г. КИРИЕНКО, канд. техн. наук, доцент, **В.Ш. ЭРСМАМБЕТОВ**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»,
Е.Н. ВАРЛАМОВ, канд. техн. наук, с.н.с., заведующий лабораторией,
Украинский научно-исследовательский институт экологических проблем (УкрНИИЭП), г. Харьков

ДВУСТАДИЙНЫЙ ПРОЦЕСС ИМПУЛЬСНОГО БРИКЕТИРОВАНИЯ БИОМАССЫ

Рассмотрена проблема утилизации растительного сырья с последующим получением альтернативных источников энергии, в частности, возможности технологии импульсного брикетирования отходов растительного сырья. Топливные брикеты из растительного сырья являются экологически чистым топливом и оказывают минимальное влияние на окружающую природную среду.

Ключевые слова: биомасса, брикеты, сырье, источник энергии, окружающая среда, технология, экологически чистое топливо.

Проблема получения альтернативных источников энергии, особенно с использованием вторичных ресурсов, в настоящее время относится к наиболее актуальным. Одним из направлений решения этой проблемы, сопровождающееся снижением негативного влияния на окружающую природную среду, является использование вторичных ресурсов из растительного сырья путем производства топливных брикетов.

Авторами установлено, что полезный эффект от использования топливных брикетов из растительного сырья обусловлен следующими факторами:

- возможность утилизации отходов растительных материалов;
- повышение плотности растительных материалов, таких, как солома, древесные опилки от 80 до 600–700 кг/м³, что снижает транспортные расходы, уменьшает объемы хранилищ и соответственно эксплуатационные затраты и облегчает обращение с ними;
- снижение влажности до величин менее 10 % увеличивает срок хранения и уменьшает потери продукта;
- снижение взрывоопасности растительного сырья;
- повышение энергетической плотности топливных материалов и его гомогенизация приводит к улучшению условий сгорания и более высокой его эффективности.

В то же время основным недостатком топливных брикетов является относительно высокая стоимость их производства по сравнению с другими топливными ресурсами – такими, как уголь или природный газ, – что сказывается на стоимости получения тепловой энергии. Кроме того, при недостаточной прочности сцепления частиц брикет склонен к крошению – увеличивает потери при транспортировке.

Следует заметить, что снижение стоимости производства и повышение прочности брикета вполне достижимо посредством увеличения плотности топливного материала и сокращения затрат энергии на его производство.

Процесс производства топливных брикетов или пеллет складывается из типовых этапов, а именно:

1. Сортировка, отделение камней, металла и др.
2. Сушка с использованием тепла: для древесного материала требуется снизить влажность с 50–60 % до 10–15 %.
3. Измельчение: частицы размером более 10 мм измельчаются до среднего размера (2–4 мм) для обеспечения однородного фракционного состава.
4. Гранулирование: производится как со связующими (цементирующими, клеящими) веществами при средних давлениях (10–50 Мн/м²), так и без связующих веществ при высоких давлениях (100–200 Мн/м²). При использовании связующих веществ обеспечивается хорошее сцепление частиц друг с другом, что может быть достигнуто при умеренных давлениях формования брикетов. В качестве связующих могут использоваться отходы нефтепереработки нефтяного шлама или их композиций с петролатамом в количестве 3–8 % от массы отходов или микропримеси минерального происхождения – CaCO₃ в количестве 1–5 %. Недостатком такого способа является то, что при сгорании выделяются токсичные вещества, которые наносят вред окружающей природной среде. Гранулирование без связующих件 опасно для экологии, но требует более высоких давлений и, соответственно, больших затрат энергии на производство, а также использование подвода тепла для улучшения сцепления частиц.



5. Охлаждение: после экструзии брикеты имеют температуру 90–100 °С – для сохранения лигнина и упрочнения продукта необходимо быстрое охлаждение.
6. Просеивание для отделения древесной пыли перед упаковкой.
7. Упаковка.

В процессе гранулирования обычно используется продавливание сырья в экструдерах с одновременным подогревом, что приводит к дополнительным затратам энергии и удорожанию топливных брикетов. Наряду с этими методами гранулирования особый интерес представляет процесс импульсного брикетирования.

Авторами исследован и опробован процесс получения брикетов путем двустадийного импульсного брикетирования. Такой подход к брикетированию пока не исследован и дает новые возможности для снижения стоимости производства за счет особенностей физических процессов, возникающих при образовании ударных волн.

Процесс импульсного брикетирования проходит две стадии: на первой стадии – прессование, которое может производиться на гидравлических, пневматических, механических установках со скоростью хода исполнительных механизмов до 1 м/с. Объем смеси в брикете может быть разным, поэтому в технологической схеме предусмотрено добавление приготовленной смеси в узле прессования и многоразовое прессование. Как только объем смеси для топливного брикета достигает необходимого значения, его подают на импульсное сжатие предварительно спрессованного топливного брикета в статическом сжатии. После этого осуществляется основной этап.

Импульсное сжатие смеси в технологическом узле осуществляется при скорости движения исполнительного механизма 20–30 м/с. После окончательного формирования топливный брикет выталкивается из технологического узла и подается на упаковку.

Импульсное прессование выполняется следующим образом. При небольших скоростях движения исполнительных механизмов происходит уплотнение смеси за счет пустот между частицами и частичной деформации самих частиц. На этой стадии может возникнуть межмолекулярное сцепление. На стадии импульсного сжатия смеси происходит переход упругих деформаций частиц смеси в пластические, вследствие чего структура брикета выравнивается и выделяется природный лигнин и некоторые смолы, которые полимеризуются в середине и на поверхности брикета. Вследствие быстрого сжатия выделяется тепло, которое способствует полимеризации лигнина и смол.

В отличие от статического сжатия при экструзии ударная волна, возникающая при импульсном воздействии на

брикет, распространяется по всей толщине прессуемого материала, что позволяет достичь одинаковой плотности на поверхности брикета и в его середине.

Для разработки технологии импульсного брикетирования необходимо проведение аналитических и экспериментальных исследований, включающих изучение физико-механических свойств брикетируемых материалов, математическое моделирование технологических процессов, а также экспериментальные исследования на стендах.

Прессуемость различного растительного сырья и возможность его брикетирования – в прямой зависимости от физико-механических характеристик материала. При этом должна быть установлена функциональная связь между коэффициентом уплотнения K_Y и давлением прессования P . В дальнейшем эта зависимость является основанием для выбора режимов брикетирования $K_Y = f(P)$ – при этом учитываются прочность и плотность брикета. Согласно работе [4], усредненное значение коэффициента уплотнения брикета определяется выражением

$$K_Y = \frac{V_o}{V_k} = \frac{\iiint_V dx dy dz}{\iiint_V K_Y(x, y, z)} = \frac{\int_{-R}^R dz \int_{-\sqrt{R^2-z^2}}^{\sqrt{R^2-z^2}} dx \int_{f_2(x,z)}^{f_1(x,z)} dy}{\int_{-R}^R dz \int_{-\sqrt{R^2-z^2}}^{\sqrt{R^2-z^2}} dx \int_{f_2(x,z)}^{f_1(x,z)} \frac{dy}{\sqrt{\sigma_y \left(\frac{f1(x,z) + f2(x,z)}{f1(x,z)}, y \right)}}},$$

где V_o – начальный объем, соответствующий свободной насыпке сырья в пресс-форму;

V_k – конечный объем, занимаемый брикетом под давлением;

a и b – параметры, характеризующие тип растительного сырья;

σ_y – напряжения в координатах x, y ;

$f(x, y)$ – функции, описывающие контур прессующих поверхностей пуансонов;

R – радиус канала пресс-формы.

Большие работы в направлении брикетирования проведены в металлургической промышленности, где исследован процесс брикетирования мелкофракционной шихты в валковом прессе и рассмотрен (как совместный) процесс прессования и прокатки сыпучих материалов в валках [1, 2].

Авторами проведены исследования, которые позволили выбрать рациональную конфигурацию формирующих элементов и режимы работы, а также определить влияние их на параметры уплотнения (для проведения исследований были разработаны и изготовлены установки импульсного брикетирования биомассы). Схема уплотнения материала в пресс-форме и образующаяся в ней форма брикета показаны на рис. 1.

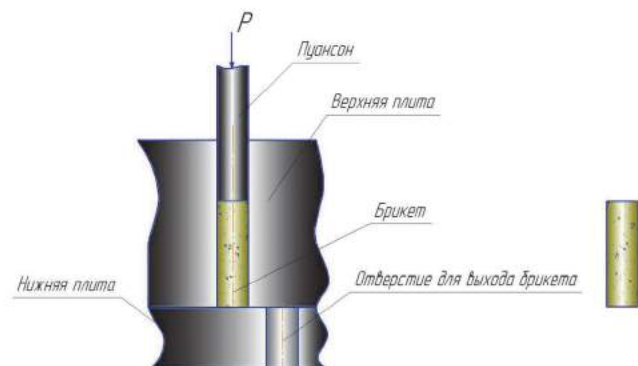


Рисунок 1 – Схема уплотнения биомассы в прессформе и форма образующихся брикетов

На рис. 2 и 3 показаны установки для импульсного брикетирования с различной скоростью исполнительного механизма, выполненные в соответствии со схемой процесса, приведенной на рис. 1.



Рисунок 2 – Установка импульсного брикетирования со скоростью исполнительного механизма до 50 м/с.



Рисунок 3 – Установка импульсного брикетирования со скоростью исполнительного механизма до 10 м/с.

ВЫВОДЫ

Результаты проведенных предварительных исследований показали, что двустадийный процесс импульсного прессования топливных брикетов имеет следующие преимущества:

- не используются склеивающие химические добавки;
- высокая плотность брикетов (1,1–1,4 т/м³);
- теплотворная способность – до 4,4 ккал/кг; остаток пепла не превышает 3 %;
- топливные брикеты из растительного сырья – экологически чистое топливо. Использование такого процесса гранулирования позволит снизить энергетические затраты, поскольку воздействие ударной волны приводит к повышению температуры и уменьшает потребление тепловой энергии извне. За счет воздействия отраженной ударной волны и более равномерного распределения плотности по толщине может быть достигнута более высокая плотность брикета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Носков, В.А. Механизм формирования очага деформации при брикетировании мелкофракционных шихт в валковых прессах / В.А. Носков // *Металлургическая и горно-рудная промышленность.* – 1998. – № 2. – С. 137–139.



2. **Носков, В.А.** Исследование уплотнения и напряженно-деформированного состояния мелкофракционных шихт в валковом прессе / В.А. Носков, К.В. Баял, И.В. Харун

// *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2006. – № 4. – С. 142–146.

Поступила в редакцию 10.04.2012

Розглянуто проблему утилізації рослинної сировини з подальшим отриманням альтернативних джерел енергії, зокрема можливості технології імпульсного брикетування відходів рослинної сировини. Паливні брикети із рослинної сировини є екологічно чистим паливом та спричиняють мінімальний вплив на довкілля.

The problem of necessity and possibility of recovery plant raw-material and subsequent generation of alternative energy sources is considered. In particular, possibilities and technologies of pulse briquetting, method of briquettes forming from waste plant raw-materials using pulse briquetting process are examined. It is concluded that the obtained fuel briquettes from plant material is environmentally friendly fuel and have minimal impact on the environment.