

УДК 628.475.4

ПИРОЛИЗ ДРЕВЕСНЫХ ГРАНУЛИРОВАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПОД ПОНИЖЕННЫМ ДАВЛЕНИЕМ

Гусаров И.А., студент гр. ХОБ-221, III курс,
Научный руководитель: Ушаков А.Г., к.т.н., доцент
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Пиролиз древесных отходов актуален благодаря своей экологичности, эффективности, возможности получения новых материалов, снижению затрат и развитию новых технологий.

Получение древесных сорбентов, отличающихся возможностью биоразложения и получаемых из возобновляемых источников, помогает уменьшить отходы и негативное воздействие на природу. Использование же метода пиролиза обеспечивает высокую чистоту и выход ценных продуктов, а также может привести к созданию новых соединений для различных направлений использования [1].

Процесс пиролиза древесины основан на свободно-радикальных реакциях термодеструкции целлюлозы, лигнина и гемицеллюлоз, которые происходят при температурах 200 – 400 °С [2]. При можно выделить следующие температурные диапазоны:

- при температуре выше 200 °С происходит изменение лигно-углеводного комплекса древесины;
- при 300 °С и выше структура лигно-углеводного комплекса древесины полностью разрушается;
- при 400 °С начинается разложение лигнина, в результате чего формируется турбостратная структура угля.

В целом диапазоне температур 400 – 900 °С происходит ароматизация и увеличивается линейная полимеризация молекул [3].

Использование вакуумсоздающих систем может оптимизировать процесс пиролиза и снижать энергозатраты. Вакуумный пиролиз древесных материалов происходит при низких температурах (400 – 600 °С) и в условиях отсутствия кислорода. В результате этого процесса образуются углеродные материалы с развитой пористой структурой и высокой сорбционной активностью.

Преимущество вакуумного пиролиза заключается в том, что вакуумная система снижает внутреннее давление в реакторе, что, в свою очередь, уменьшает энергию, необходимую для термического разложения. Это позволяет быстро и эффективно перерабатывать сырье, особенно если оно чувствительно к теплу или склонно к разложению при высоких температурах [4].

Цель работы: создание установки и реализация процесса пиролиза древесных гранулированных материалов под пониженным давлением.

Для проведения экспериментальных исследований создана пиролизная установка обработки гранулированных древесных сорбентов с вакуумной системой отвода газообразных продуктов. Схема такой установки представлена на рисунке.

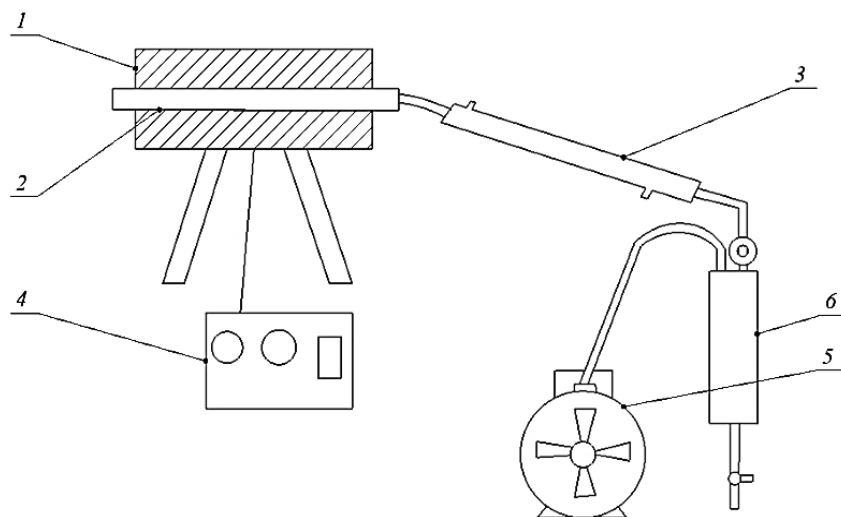


Рисунок – Пиролизная установка с вакуумной системой отвода газообразных продуктов: 1 – трубчатая печь; 2 – реактор-пиролизер; 3 – металлический холодильник; 4 – система контроля температуры в печи; 5 – вакуумный насос; 6 – приемная емкость конденсата

Исследования состояли из следующих шагов:

1. Подготовка исходной смеси и загрузка реактора.

Гранулированную и высушенную смесь состава древесные отходы/связующее вещество внутрь реактора-пиролизера. Масса пробы составляла от 45 до 50 г. Заполненный реактор закрывают и помещают в трубчатую печь. Далее подсоединяют систему охлаждения, приемную металлическую емкость для сбора органических веществ (смолы) и примесей (вода, соли), подключают к системе вакуумный насос.

2. Термообработка исходной смеси.

Процесс пиролиза осуществляли, нагревая реактор до 600 °С. При достижении 100 °С включают вакуумный насос, создавая разрежение $p = -(0.8 - 0.85) \text{ кгс/см}^2$. Отмечено, что выделение газообразных продуктов начиналось при температуре свыше 300 °С (через 15 – 20 мин. от начала процесса), что характерно определить по снижению температуры металлической приемной емкости. Для контроля процесса отбирали пробы конденсата через сливной кран.

3. Завершение процесса термообработки исходной смеси.

Установлено, что процесс выделения летучих веществ завершается при достижении 570 – 600 °С, также завершается процесс образования конденса-

та. По окончании процесса пиролиза вакуумную систему отключали, охлаждали трубчатую печь и вынимали реактор. Для исключения угара полученного продукта при взаимодействии с O_2 воздуха реактор открывали при достижении температуры менее $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Полученные термообработанные гранулы взвешивали, определяя материальный баланс процесса.

Анализируя полученные результаты показано, что процесс пиролиза при разряжении в системе позволяет снизить время термообработки до достижения этапа прекращения выделения летучих веществ, а также получить до 45 – 55 % (масс.) выхода готового продукта.

Также в процессе эксплуатации экспериментальной установки отмечено, что реализация вакуумного пиролиза также имеет некоторые недостатки, такие как повышенные требования к герметичности системы и соединений, а также необходимость модернизации системы для монтирования проботборных клапанов с целью контроля состава выделяющего газа и более тщательного управления процессом.

В целом, вакуумный пиролиз является эффективным методом подготовки сорбентов с заданными свойствами, который находит применение в различных областях, включая экологию, химическую промышленность и энергетику.

Список литературы:

1. Мишустин, О. А. Обзор развития и применения технологии пиролиза для переработки отходов / О. А. Мишустин, В. Ф. Желтобрюхов, Н. В. Грачева, С. Б. Хантимирова. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2018. – № 45 (231). – С. 42-45.
2. Арапова, О. В. Лигнин – возобновляемый ресурс углеводородных продуктов и энергоносителей (обзор) /О. В. Арапова, А. В. Чистяков, М. В. Цодиков, И. И. Моисеев // Нефтехимия. – 2020. – Т. 60, № 3. – С. 251-269. – DOI 10.31857/S0028242120030041.
3. Смирнова А.И. Прикладная химия природных соединений: учеб. пособие / А.И. Смирнова, В.С. Антонова. – СПб.: ВШТЭ СПбГУПТД, 2020. – 94 с. – ISBN 978-5-91646-250-0.
4. Патент № 2700872 Российская Федерация – Львов М. П. Вакуумная установка пиролиза RU 2 700 872 C1. – 2019.09.23.