

ИССЛЕДОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ СУШКИ ТОРФЯНЫХ ТОПЛИВО-ПЛАВИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

С. И. СМОЛЬЯНИНОВ, Г. Г. КРИНИЦЫН

(Представлена научно-методическим семинаром ХТФ)

Процесс сушки торфа является неизбежной операцией в любом способе его производства. При получении кускового топлива из сырой торфяной массы на этот этап технологии возлагается дополнительная целевая нагрузка — формирование прочной структуры торфа. Применимость теоретических основ сушки, разработанных А. В. Лыковым [1], показана для торфяных систем работами М. В. Воляровича, Г. Н. Кужмана, Н. В. Чураева и др. [2, 3].

В связи с исследованиями в области получения топливо-плавильных материалов на основе машиноформованного торфа нами были проведены эксперименты по естественной сушке торфа и смеси его с железной рудой (ТПМ), имеющие целью, прежде всего, отразить особенности сушки торфа в присутствии окислов железа. В процессе сушки от момента формирования по достижении влажности порядка 20% определялись: вес, размер и объем образцов, их влажность и градиент влажности, температура в разных точках образца, динамика развития трещин, количество связанной воды, предельное напряжение сдвига.

Для работы был взят торф Таганского месторождения Томской области. Торф — типно-осоковый низинный, степень разложения около 25%, рабочая влажность — 84,8%, зольность на сухое вещество — 9,4%, выход летучих на горючую массу — 62,0%. В качестве железорудной составляющей использован магнетитовый концентрат Абагурской обогатительной фабрики, измельченный до прохождения под сито — 0,075 мм. Исходный торф смешивался с железной рудой в отношении 100:6 и трижды пропускался через мясорубку. Цилиндрические образцы 40 на 60 мм сушились на плитках из полистирола. Влажность определялась ускоренным методом [4], температура — термopарами с потенциометром на 1 мв. Объем определялся по измерению линейных размеров и волюмометрически по методу Вюста и Отта [5], динамика развития трещин по методу, применяемому для контроля качества кокса [6], связанная вода — дилатометрически и методом отрицательной адсорбции сахара [7], предельное напряжение сдвига — коническим пластометром [8] и методом реперов.

При рассмотрении кинетики сушки могут быть выяснены и определенные вопросы структурообразовательных процессов, поскольку изменение локального влагосодержания и локальной температуры с течением времени зависит от взаимосвязанного механизма переноса влаги и тепла внутри влажного материала и массо- и теплообмена поверхно-

сти тела с окружающей средой, что определяется характером связи воды с влажными телами. Поэтому кинетика процесса сушки в свою очередь определяется физико-химическими свойствами самого сохнущего материала.

Для анализа процессов сушки большое значение имеет построение кривых скоростей сушки по А. В. Лыкову, обладающих характерным видом с четко различимыми четырьмя периодами сушки и критическими точками, определяемыми различными механизмами массо- и теплопереноса.

Кривые строятся в координатах влажность материала — скорость сушки. Последняя определяется по кривой изменения влагосодержания графическим дифференцированием и выражается в единицах массы воды на единицу поверхности за единицу времени.

Как видно из рис. 1, кривые скорости сушки имеют характерный вид. Следует, однако, отметить, что период постоянной скорости сушки изображен нами условно, поскольку экспериментальные данные не дают для выделения этого периода достаточных оснований.

Отчетливо разграничиваются периоды возрастающей и падающей скорости сушки, причем, последний также может быть разделен на два этапа. Совершенно неожиданно выявился начальный период падающей скорости сушки, составляющий по времени третью часть от всей продолжительности эксперимента. Учитывая, что образцы торфа и ТПМ ставились для сушки непосредственно после формования, можно полагать, что этот участок должен быть характерным для всех дисперсных систем, способных образовывать коагуляционные структуры с иммобилизацией влаги. Как показали наши эксперименты по кинетике развития коагуляционных структур в сырой торфяной массе (без высыхания) именно за это время они достигают максимального развития.

По А. В. Лыкову, возрастающая скорость сушки наблюдается в начальный момент и соответствует прогреву материала. В нашем случае этап возрастающей скорости сушки, очевидно, не может быть объяснен с этих позиций.

Исходя из свойств жидкости в капиллярах, Н. А. Наседкин [5] полагает, что испарение свободной воды будет происходить в том большем количестве, чем больше дисперсность торфа и чем более он сжимаем. Испарение воды с поверхности приводит, по Н. А. Наседкину, к увеличению кривизны мениска, что увеличивает поверхность испарения и, следовательно, на начальной стадии наблюдается участок возрастающей скорости сушки.

Объяснение роста скорости сушки торфа на данном этапе увеличением поверхности испарения, по всей вероятности, отвечает действительности. Однако, по нашему мнению, это явление необходимо объяснять не увеличением кривизны менисков, а уменьшением их радиуса при одновременном росте их числа. Последнее заключение прямо вытекает из работ М. П. Воларовича и Н. В. Чураева [2], показавших, что при сжатии торфа возрастает его активная пористость и кинетическая удельная поверхность, уменьшаются средние размеры водопроводящих пор, но зато возрастает их число, что и должно вызвать увеличение удельной поверхности испарения.

Сказанное будет справедливым в том случае, когда темп усадки соответствует темпу потери влаги, и если это условие соблюдается, рассмотренный этап сушки будет, по-видимому, типичным для всех капиллярно-пористых коллоидных тел.

В этом случае рост скорости сушки должен прекратиться в тот момент, когда на поверхности материала достигается влажность, отвечающая полной потере капиллярной влаги. В цитируемой работе

М. П. Воларовича и Н. В. Чураева на основании обобщения материала работ других исследователей величина влажности, соответствующая отмеченной точке, приводится равной 0,5 г/г или около 33,3% отн.

Анализ наших экспериментальных данных по распределению влажности в концентрических слоях цилиндрических образцов полностью подтверждает это положение.

И, наконец, резкое снижение скорости сушки начинается после потери капиллярной влаги всей массой образца (рис. 1).

Из этого же рисунка видно, что рост скорости сушки прекращается у торфа по достижении влажности около 55%, у ТПМ — 50%. С позиций разобранного механизма эта разница легко объяснима. На рис. 2 представлены результаты расчета среднего градиента влажности по радиусу образцов торфа и ТПМ в различные сроки сушки. Средний градиент влажности рассчитывался как отношение в каждый данный

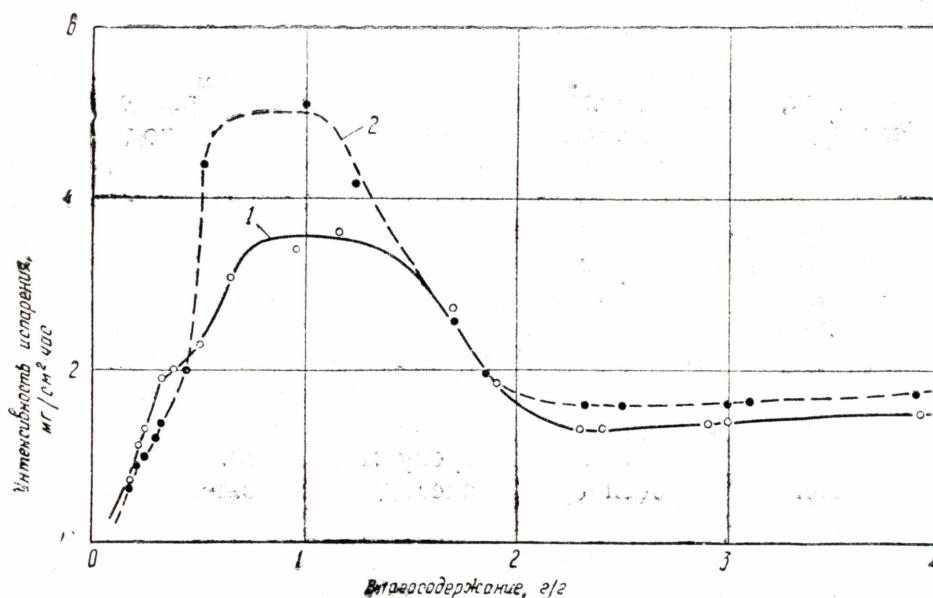


Рис. 1. Зависимость скорости сушки образцов торфа (кривая 1) и топливо-плавильных материалов (кривая 2) от влагосодержания

момент времени разности влажности материала в центре и на поверхности (последняя находилась графической экстраполяцией) к радиусу образца. Отсюда ясно, что отмеченное различие в моменты окончания периода возрастающей скорости сушки обусловлено разницей градиента влажности образцов торфа и ТПМ.

Как указывает А. В. Лыков [1], более точно периоды сушки можно различить по изменению температуры материалов в зависимости от влагосодержания. Наши эксперименты показали, что в условиях естественной сушки на открытом воздухе этот способ использован быть не может, вследствие неподдающегося строгому учету изменения температуры.

Таким образом, анализ экспериментального материала позволяет сделать следующее заключение по поводу особенностей процесса естественной сушки топливо-плавильных материалов по сравнению с чистым торфом. Сушка ТПМ на большей части полного цикла протекает интенсивнее, чем сушка образцов чистого торфа. При максимальном значении скорости сушки образцов ТПМ ($\text{мг}/\text{см}^2 \cdot \text{час}$) в 1,5 раза выше, чем образцов чистого торфа, однако при влажности менее 30% скорость сушки того и другого материала равна. Особенность сушки ТПМ, рав-

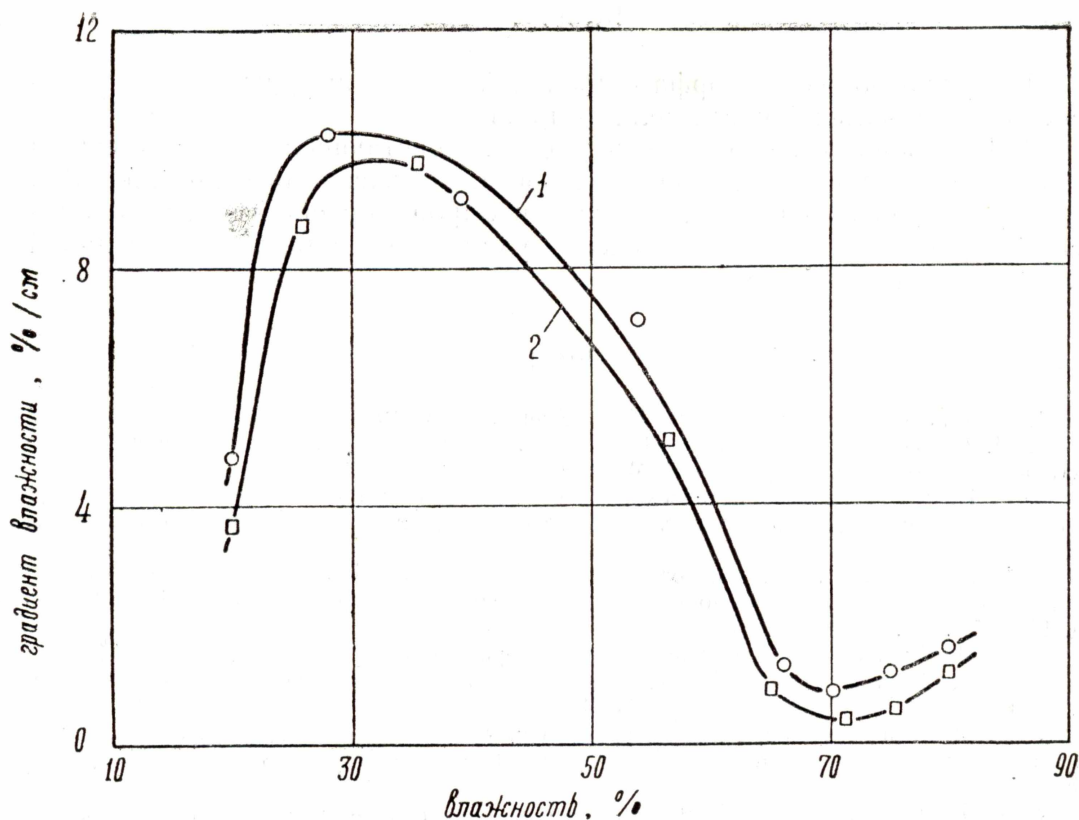


Рис. 2. Зависимость градиента влажности по радиусу цилиндрических образцов торфа (кривая 1) и топливо-плавильных материалов (кривая 2) от влажности. Влажность ТПМ пересчитана на торф

но как и характерные в обоих случаях периоды сушки, можно объяснить с позиций развиваемых взглядов на механизм структурообразовательных процессов при сушке дисперсных систем.

При сушке ТПМ на всем периоде наблюдаются меньшие по сравнению с торфом градиенты влажности, что приводит к меньшей трещиноватости топливо-плавильных материалов.

Судя по изменению содержания связанной воды и предельного напряжения сдвига, введение тонкоизмельченной железной руды изменяет характер протекания структурообразовательных процессов в сторону ускорения процессов компактной коагуляции и уменьшения среднего радиуса капилляров в торфяной системе, причем усадочные явления не только не тормозятся присутствием минерального наполнителя, а наоборот, темп усадки заметно возрастает.

Все это в сумме сказывается положительно на качестве конечного продукта.

Количество гидратационно-связанной воды в торфе, определенное по кривым зависимости термоградиентного коэффициента от влагосодержания, составляет для торфа 40% [2]. Это же значение влагосодержания, соответствующее второй критической точке на кривых скорости сушки (рис. 1), для торфа равно 33%, для ТПМ — 22%. Разница составляет около 11%. Подобные значения получены при определении связанной воды dilatометрическим методом (14%) и методом отрицательной адсорбции сахара (11%).

Выводы

1. Сушка образцов торфа с добавкой железной руды протекает интенсивнее на большей части полного цикла.
2. Показаны характерные периоды возрастающей скорости сушки и начальный период падающей скорости, объясняемые протеканием структурообразовательных процессов в сырой торфяной массе и в течение периода сушки, отвечающего удалению капиллярно-связанной влаги.

ЛИТЕРАТУРА

1. А. В. Лыков. Теория сушки. Изд. «Энергия», М., 1968.
2. М. П. Воларович, Н. В. Чураев. Исследование торфа при помощи радиоактивных изотопов. Изд. АН СССР, М., 1960.
3. Г. И. Кужман. Теоретические основы и процесс получения мелкокускового торфяного топлива для энергогазохимического использования. Госэнергоиздат, М.—Л., 1961.
4. С. И. Смольянинов, В. Н. Пономарев, В. И. Макаренко. Ускоренный метод определения влажности твердых горючих ископаемых. Изд. ТПИ, т. 167, ад. 114-117, 1967.
5. Н. Н. Кулаков. Введение в физику торфа. Госэнергоиздат, М.—Л., 1947.
6. Л. Д. Глузман, И. И. Эдельман. Лабораторный контроль коксохимического производства. Металлургиздат, М., 1957.
7. Ф. Д. Житецкая. Методы определения связанной воды в торфе. Сб. «Новые физические методы исследования торфа». Госэнергоиздат, стр. 138—148, М.—Л., 1960.
8. М. П. Воларович, С. И. Марков. Определение предельного напряжения сдвига методом конического пластометра. Сб. «Новые физические методы исследования торфа». Госэнергоиздат, стр. 95—101, М.—Л., 1960.