

## РАЗВИТИЕ ВНУТРЕННИХ НАПРЯЖЕНИЙ В ФОРМОВАННОМ ТОРФЕ ПРИ ЕГО СУШКЕ

С. И. СМОЛЬЯНИНОВ, Г. Г. КРИНИЦЫН, Ю. А. ДВОРЯНКИН

(Представлена научно-методическим семинаром химико-  
технологического факультета)

Процесс сушки различных капиллярно-пористых коллоидных тел или дисперсных систем вообще сопровождается изменением их структуры и объема. Деформация усадки является следствием в основном сил капиллярной контракции (сумма сил поверхностного натяжения на микроменисках жидкости в порах структуры по всему поперечному сечению образца) и сил адгезионного и когезионного взаимодействия, появляющихся в точках вторичных контактов частиц твердой фазы. Соотношение между силами, вызывающими усадку материала, и прочностью структуры, характеризующейся предельным напряжением сдвига, определяет темп и величину усадки, ответственных за формирование прочного образца. При этом в материале возникает напряженное состояние, которое является следствием взаимодействия сил молекулярного притяжения и отталкивания. Усадочные напряжения могут вызвать нежелательные деформации, приводящие к падению прочности образцов [1—6].

По М. С. Острикову и Г. Д. Диброву [2] усадочным напряжением называют экспериментально определяемую величину, представляющую собой равнодействующую величин сил капиллярной контракции и упругого сопротивления структуры. Кинетика роста усадочных напряжений рассмотрена теоретически и определена экспериментально для ряда дисперсных систем. Кривые усадочных напряжений как функция времени имеют характерный S-образный вид [2, 3].

Принципиально иной подход к определению внутренних напряжений развит в работе Н. И. Гамаюнова и А. Л. Королевой [5]. Они измеряли внутреннее напряжение в сохнувших образцах формованного торфа с помощью сферического датчика диаметром 4—6 мм, преобразующего давление в электрический сигнал. Датчик помещался внутрь образца в момент формования. Детали конструкции датчика не описаны.

Нами в связи с изучением окислов железа на структурообразовательные процессы в торфяных дисперсных системах проведено исследование изменения внутренних напряжений в процессе сушки образцов формованного торфа с различным количеством минеральных добавок.

Торф осоково-гипновый низинный имел степень разложения 25—30%, рабочую влажность—87%, зольность на сухое вещество—11,52%. Перед формованием он подвергался трехкратной переработке на шнековом истирателе.

В качестве минеральных добавок использовалась реактивная окись железа (измельчение—под сито 0,05 мм) и магнетитовый концентрат



Абагурской обогатительной фабрики с содержанием железа 62,7% и степенью измельчения 0,08 мм.

Тензодатчик сопротивления типа ПКП-5 цилиндрической формы (3×10 мм) помещался в центр цилиндрического образца (40×60 мм) торфа или его смеси с окислами железа. Сушка проводилась в лабораторных условиях при температуре окружающей среды 21—23°С и относительной влажности воздуха 62—68%. Сигнал с тензометрического усилителя УТЧ-1 регистрировался автоматически.

Результаты экспериментов представлены на рис. 1—3. Как видно из приведенных графиков (рис. 1), разработанный нами метод определения усадочных напряжений в сохнущих дисперсных системах дает

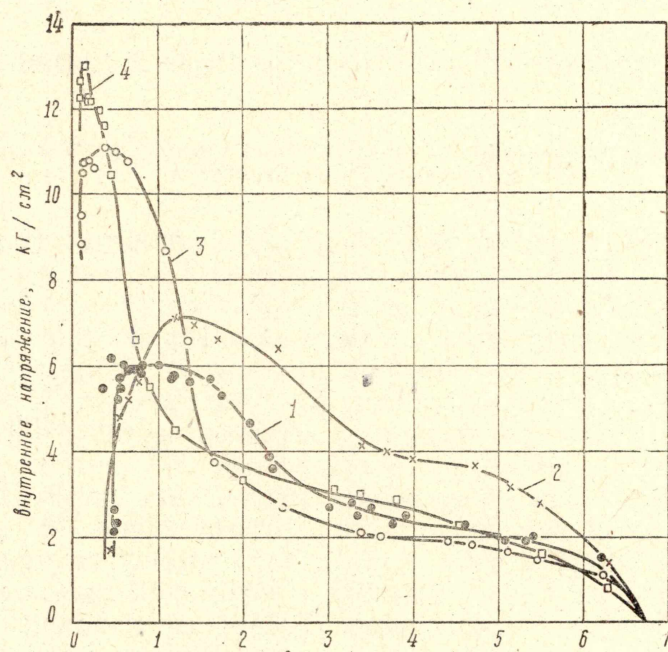


Рис. 1. Зависимость внутреннего напряжения в образцах формованного торфа и смесей его с различным количеством окиси железа от влагосодержания. 1 — торф, 2 — смесь с 5% окиси железа, 3 — то же с 13%, 4 — то же с 20%

более наглядную картину изменения этого параметра в широком диапазоне влажности, чем описанные ранее [2, 5].

Для всех испытанных образцов сохраняется характерная общая картина изменения внутреннего напряжения в процессе сушки, хорошо отражающая происходящие при этом структурные изменения.

Первый участок (до влагосодержания 2—3 г/г) кривой характеризуется сравнительно невысоким темпом роста усадочных напряжений и соответствует физико-химическим и структурным изменениям системы, где преобладают коагуляционные контакты и силы капиллярной контракции. Затем наступает период, когда превалируют молекулярные силы. Этот момент соответствует переходу от коагуляционных структур к конденсационным и характеризуется резким возрастанием внутренних напряжений до максимального значения, соответствующего влагосодержанию 0,25—0,75 г/г. Этот момент, по-видимому, соответствует полному исчезновению капиллярных менисков, а следовательно, сил капиллярной контракции, в торфе остается только физико-химически связанная влага, и удаление воды прекращается.

Интересно отметить заметное увеличение значений максимальных внутренних напряжений в зависимости от количества минеральной до-



бавки. Эта зависимость (рис. 2) приближает к прямой и показывает изменения, происходящие в торфяной дисперсной системе под влиянием активного наполнителя. Эти изменения, как показано нами ранее [7, 8], приводят к уменьшению гидравлического радиуса пор, увеличению предельного напряжения сдвига и росту числа контактов в единице

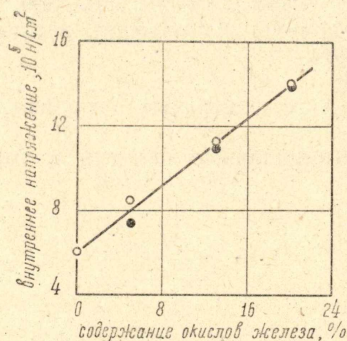


Рис. 2 Зависимость максимального внутреннего напряжения в сохнувших образцах торфованного торфа в смеси с магнетитом (●) и окисью железа (○) от содержания минеральных компонентов

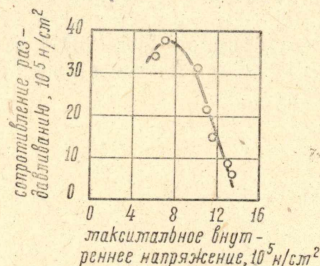


Рис. 3 Зависимость прочности воздушно-сухих образцов торфованного торфа и его смесей с окислами железа от максимального величины внутренних напряжений

объема и, как следствие, к повышению прочности воздушно-сухих формовок. По мере увеличения содержания окислов железа максимальное усадочное напряжение достигается при меньшем влагосодержании, что, в согласии со сказанным выше, отражает соответствующие изменения в форме связи влаги с торфом.

Однако следует отметить, что чрезмерное возрастание внутренних напряжений при их неравномерном распределении может привести к появлению ослабленных мест, появлению трещин и к уменьшению прочности структуры тела или полному ее разрушению. Весьма наглядную картину в этом отношении дает построенный по нашим экспериментальным данным график (рис. 3), связывающий максимальные внутренние напряжения и прочность на сжатие воздушно-сухого материала. Ярко выраженный максимум прочности в зависимости от величины усадочных напряжений, по всей вероятности, являет общую закономерность для дисперсных систем. Это может быть успешно использовано при разработке структур, обладающих заданными свойствами.

## Выводы

1. Разработана методика тензометрического определения усадочных напряжений в дисперсных структурах.
2. Показано, что в процессе сушки торфа усадочные напряжения отражают физико-химические и структурные изменения, происходящие в дисперсных системах при потере влаги.
3. При добавке к сырьевой торфяной массе окислов железа усадочные напряжения возрастают, что приводит вначале к увеличению прочности структуры, а затем, по достижении критического значения этого показателя, к уменьшению прочности воздушно-сухих образцов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. П. А. Ребиндер, И. Н. Влодавец. Физико-химическая механика пористых и волокнистых дисперсных структур. Сб. «Проблемы физико-химической механики волокнистых и пористых дисперсных структур и материалов». Рига, «Зинатне», 1967, стр. 5—43.



2. М. С. Остриков, Г. Д. Дибров. О влиянии усадочных напряжений на формирование структур высыхающих волокнистых и пористых материалов. Там же, стр. 205—219.

3. А. С. Аведиков, М. С. Остриков, Г. Д. Дибров, Ю. М. Куприн. Усадочное напряжение как равнодействующая ряда составляющих. Там же, стр. 225—232.

4. А. И. Федотов, Н. В. Чураев, Н. С. Шабан. Исследование структурообразовательных процессов при сушке вязко-пластичного торфа. Там же, стр. 399, 406.

5. Н. И. Гамаюнов, Н. Л. Королева. Исследование напряжений в процессе усадки волокнистых материалов. Там же, стр. 439—448.

6. А. В. Лыков. Теория сушки. М., «Энергия», 1968.

7. С. И. Смольянинов, Г. Г. Криницын. Сушка торфяных топливо-плавильных материалов. Изв. ТПИ, т. 233, (в печати).

8. С. И. Смольянинов, Г. Г. Криницын. Капиллярные явления в торфе. Изв. ТПИ, т. 233.