

ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

1978. ВЫПУСК 9 (98)

УДК 621.315.614.6
НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ
ДЕФОРМАЦИИ СЖАТИЯ
ЭЛЕКТРОИЗОЛЯЦИОННОГО КАРТОНА

*Канд. техн. наук А. В. РЯБКОВ,
Ю. А. БОРИСОВ, В. И. НОВИКОВ,
канд. техн. наук Р. З. РАХИМОВ,
Н. З. МУРТАЗИН, Я. М. КАРЧЕВСКИЙ*

Исследовали процесс сжатия электроизоляционного картона в трансформаторном масле при различных давлениях и температурах. На стенде для длительного испытания пластмасс в жидких средах [1] испытывали электрокартон марки Б толщиной 2 мм. Образцы картона — шайбы с наружным и внутренним диаметром 29 и 21 мм соответственно высушивали под вакуумом в течение 4 ч при температуре 100 ± 5 °С и пропитывали трансформаторным маслом в течение 3 ч при 90 ± 5 °С. Высушенные и пропитанные образцы в виде набора шайб высотой около 30 мм помещали в открытые ванночки испытательного стенда. В ванночках циркулировало трансформаторное масло, температуру которого поддерживали термостатом с точностью ± 5 °С.

Сжимаемость определяли при давлениях 10, 20, 30, 40, 50 и 60 МПа, под действием которых образцы картона выдерживали в течение 30 суток при температурах 20, 40, 80, и 100 °С. За показатель сжимаемости при каждой ступени нагрузки принимали среднее значение пяти параллельных опытов. Средняя относительная погрешность опытов составляет $\pm 3,4\%$ при доверительной вероятности 95%.

Изменение положения и формы кривых сжимаемости при увеличении температуры и продолжительности выдержки образцов под давлением (см. рисунок) отражает

определенные процессы, которые происходят, по-видимому, на различных структурных уровнях.

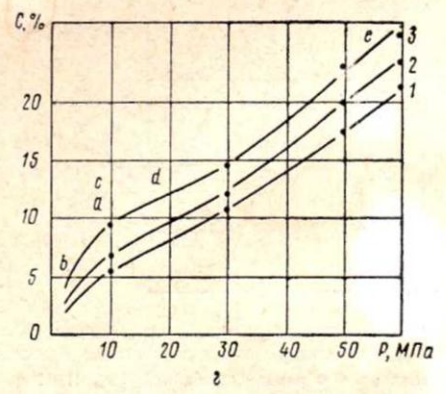
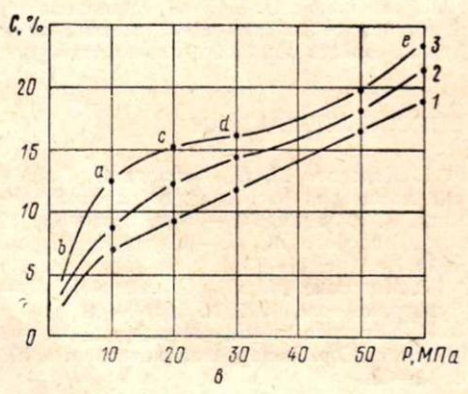
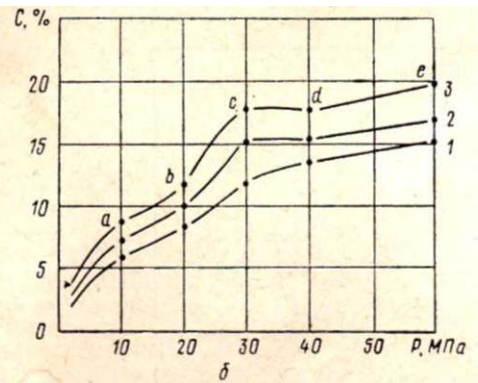
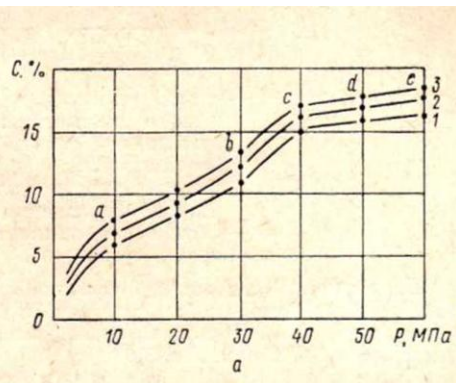
Под действием внешнего давления в местах контакта волокон возникают внутренние напряжения, которые вызывают взаимную переориентацию макромолекул аморфных частей целлюлозы, а сами волокна испытывают деформацию осевого изгиба и так называемую коллапсацию, т. е. процесс превращения сечения волокон из круглого в лентообразное. Размеры межволоконных промежутков по мере увеличения внешнего давления уменьшаются, а кристаллические части соседних волокон целлюлозы вступают в непосредственный контакт.

Процессы сближения волокон, их коллапсация и деформация осевого изгиба происходят совместно. Однако при определенных давлениях и температурах возможно преобладание одного из названных процессов уплотнения. Это предположение позволяет объяснить форму кривых сжимаемости.

При низких температурах вклад от различных процессов уплотнения наиболее разграничен. При давлениях 0—10 МПа (участок $0—a$ на рисунке) происходит сближение волокон и их коллапсация [2-4].

При давлении 10 МПа в местах контакта волокон их поперечное сечение в результате коллапсации становится лентообразным, а элементы волокон между соседними областями их контакта представляют собой как бы натянутые нити, разделенные межволоконными промежутками.

Участок $a—b$ отражает деформацию сжатия волокон в поперечном направлении, вычисленная по этому участку величина поперечного модуля Юнга волокон составляет $43 \cdot 10^7$ Н/м², что на 30% ниже полученного в [2] значения поперечного модуля Юнга для расплюснутых волокон



Зависимость сжимаемости C электроизоляционного картона от давления P при температурах 20°C (а), 40°C (б), 80°C (в), 100°C (г)
 1, 2, 3 — после выдержки образцов под давлением в течение 1 ч, 1 суток и 30 суток соответственно

целлюлозы. Следовательно, в картоне еще имеются межволоконные промежутки, заполненные маслом.

Поведение аморфных компонентов целлюлозы отражает участок $b-c-d$, который при увеличении температуры смещается в область низких давлений вследствие размягчения аморфных компонентов целлюлозы. Кривые сжимаемости на этих участках дальше отстоят друг от друга, чем при низких температурах.

Участок $b-c-d$ показывает деформацию изгиба волокон по их оси. При этом в местах контакта волокна скользят относительно друг друга, и картон еще более уплотняется. Это объясняется размягчением распределенных по поверхности волокон аморфных компонентов целлюлозы под действием давления.

Аморфные вещества — вязкие жидкости. Некоторая доля аморфных спутников небеленых видов целлюлоз покрывает поверхность волокон и поэтому служит причиной скольжения их относительно друг друга под действием внешних нагрузок.

Молекулы жидкости, как и молекулы твердых тел, совершают тепловые колебания около положений равновесия, однако у твердых тел положения равновесия молекул закреплены на своих местах, а у жидкостей по истечении времени «оседлой жизни», называемого также временем релаксации, положения равновесия смещаются на расстояния $\sim 10^{-8}$ см. Это объясняет основное свойство жидкостей — их текучесть. При наличии внешней силы, действующей на жидкость, преимущественные перемещения частиц жидкости происходят в направлении внешней силы, если продолжительность ее действия во много раз превышает время релаксации молекул. Если же продолжительность действия внешней силы во много раз меньше времени релаксации, то жидкость ведет себя как упругое (твердое) тело.

Смещение участка $b-c-d$ на рисунке в область низких давлений при увеличении температуры свидетельствует о том, что время релаксации для определенных фракций аморфных спутников целлюлозы принимает значение, соответствующее

текучести при более низких давлениях, следствием чего является скольжение волокон относительно друг друга и их деформация осевого изгиба.

На рисунке участок $b-c-d$ кривой 1 более плоский, чем кривой 3. Этот также свидетельствует о том, что положение и форма участка $b-c-d$ отражает поведение аморфных компонентов целлюлозы при изменении температуры и продолжительности выдержки образцов под нагрузкой. Время релаксации молекул аморфных частей целлюлозы при давлении 10—30 МПа и температуре 80° С сравнимо с 1 ч (на рисунке b участок $b-c-d$ кривой 1 плоский), но меньше одних суток (появляется выпуклость участка $b-c-d$ на кривой 2).

На рисунке a линия с плоским участком $b-c-d$ отсутствует: время релаксации молекул аморфных частей целлюлозы при давлении 30—50 МПа и температуре 20° С меньше 1 ч.

Таким образом, представленные на рисунке зависимости качественно отражают процессы, происходящие в исследуемом картоне на определенных структурных уровнях, т. е. сближение волокон, их коллапсацию, а также деформацию осевого изгиба, связанную с размягчением аморфных компонентов целлюлозы под действием давления и температуры.

ОПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Рахимов Р. З., Муртазин Н. З., Зарипов Л. Л. и др. Стенд для исследования ползучести жестких пластмасс при сжатии в агрессивных средах.— «Заводская лаборатория», 1974, т. 40, № 8, с. 1026—11028.

2.Hartler Nils, Nyren Jan. Transverse compressibility of pulp fibres. II Influence of cooking method, yield, beating, and drying.—„Tappi”, 1970, v. 53, № 5, p. 820—823,

3.Nyren Jan. The transverse compressibility of pulp fibres.—„Pulp and Pap. Mag. Can.”, 1971, v. 72, № 10, p. 81—83.

4.Mataki J. A fundamental study on the hot pressing mechanism of pulp mat prepared for the fiberboard. — „Bull. Kyushu Univer. Forests”, 1971, № 41, p. 1—97.