

НАВЕДЕННАЯ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА И ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ ОБЛУЧЕННОГО ПОЛИВИНИЛХЛОРИДА

В. Д. Кучин, А. К. Шастова

Эффект возникновения электродвижущей силы (э.д.с.) в полимерах под действием рентгеновских лучей обнаружен Коломойцевым [1] еще в 1950 г. Тем не менее, в настоящее время эффект возникновения э.д.с. в полимерах вообще, и в поливинилхлориде (ПВХ) в частности, изучен слабо, и природа его не выяснена. Более того, исследователи не замечали наведенной э.д.с. или считали ее ничтожно малой по сравнению с приложенным внешним напряжением. Целью настоящей работы является исследование свойств и природы наведенной рентгеновским излучением э.д.с. в ПВХ.

Методика эксперимента

Образцы ПВХ подвергали облучению рентгеновскими лучами от рентгеновской установки РУП-2 с трубкой с вольфрамовым анодом. При максимальном напряжении на трубке 200 кв и максимальном анодном токе 20 мА интенсивность рентгеновских лучей составляла 150 000 р/мин на расстоянии 10 см от анодатода, где помещали образец. Мощность дозы излучения определяли медицинским рентгенометром типа РМ-2 с наперстковой камерой. Наведенную э.д.с. измеряли в специальной камере, принципиальная схема которой представлена на рис. 1. Образец 9 помещали между латунными электродами 7 и зажимали двумя кольцами 10 из полиэтилена. С целью устранения утечки через воздух с электродов на охранное кольцо электродное устройство заливали парафином. Систему электродов укрепляли внутри алюминиевого цилиндра 2, который с помощью заглушки 4 из тефлона совмещали coaxially с другим алюминиевым цилиндром 1 большего диаметра. В полости между цилиндрами располагалась никромовая спираль для нагревания образца. Температуру образца измеряли термопарой и регистрировали с помощью моста ЭПД-17.

Наведенную электродвижущую силу регистрировали стрелочным гальванометром, подключенным к образцу через усилитель. Схема усилителя приведена на рис. 2 [2]. Усилитель выполнен на микрометрической лампе 2Э2П. Изменением сопротивления 1 достигается баланс моста при подключенном образце, не подвергаемом облучению. С целью повышения точности измерений и стабильности получаемых результатов все цепи схемы питались от аккумуляторных батарей большой емкости. Чувствительность схемы при входном сопротивлении $1 \cdot 10^{10}$ ом была не хуже $1 \cdot 10^{-14}$.

Электрическую прочность облученного ПВХ определяли на переменном напряжении. Изменение напряжения на образце контролировали высоковольтным электростатическим вольтметром С-96. Скорость изменения напряжения на образце была около 5 кв/мин.

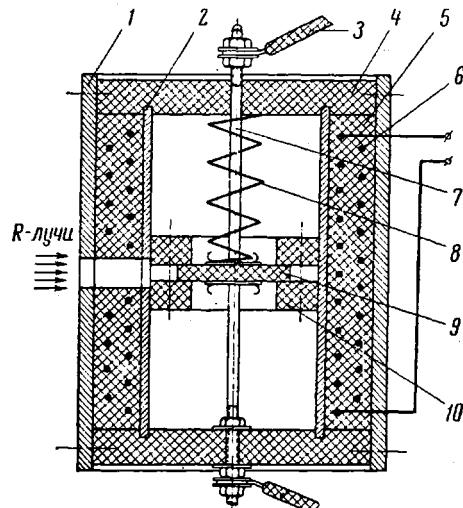


Рис. 1. Схема камеры для измерения наведенной э.д.с.

Погрешность при измерении наведенной э. д. с. в ПВХ составляла $\pm 16\%$, электрической прочности $\pm 25\%$.

Наведенная э.д.с. На рис. 3 приведена зависимость наведенной в ПВХ э.д.с. от интенсивности рентгеновских лучей.

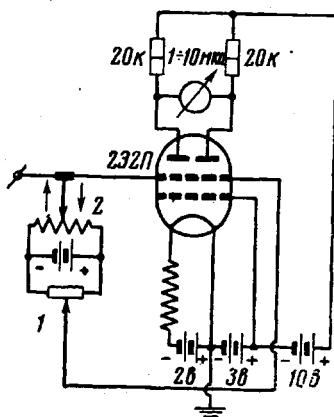


Рис. 2. Схема усилителя

от интенсивности излучения, а будет определяться жесткостью рентгеновского излучения. В работах [3] образование наведенной э.д.с. объясняют неодинаковыми условиями поглощения «лучистой» энергии во фронтальной и тыловых частях образца, что приводит к возникновению градиента концентрации носителей заряда в области образца, прилегающей к одному из электродов. В наших экспериментах весь объем образца ПВХ облучался одинаковой дозой рентгеновских лучей. Поэтому предположение [3] для нашего случая вряд ли приемлемо.

Наведенная э.д.с. не может также возникнуть за счет комптон-эффекта, так как последний проявляется при более жестких излучениях, чем это дает установка РУП-2. Можно лишь предположить, что причиной возникновения э.д.с. является объемный заряд, образующийся в ПВХ под действием излучения, а повышение температуры ПВХ уменьшает проявление этого эффекта. Действительно, чем выше температура образца, тем меньше величина наведенной в ПВХ э.д.с.

Неучет наведенной э.д.с. может привести к ошибкам в измерениях электрических характеристик полимеров.

При введении в ПВХ совмещающихся с полимером низкомолекулярных добавок (пластификаторов) форма зависимостей электропроводности и э.д.с. от температуры сохраняется, но сдвигается в область более низких температур, так как время релаксации уменьшается. Наличие пластификаторов в ПВХ сдерживает процесс сшивания, что связано с блокированием боковых групп ПВХ полярными молекулами пластификатора. Насколько велико влияние пластификатора на свойства ПВХ, видно из

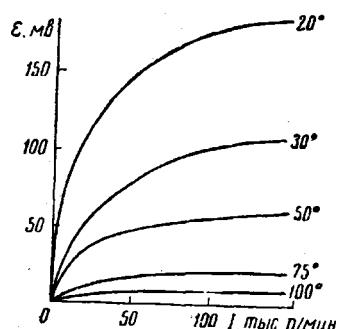


Рис. 3. Зависимость наведенной э.д.с. от интенсивности излучения.

Цифры у кривых означают температуру образца

блокированием боковых групп ПВХ полярными молекулами пластификатора. Насколько велико влияние пластификатора на свойства ПВХ, видно из

№№ п/п	I, тыс. р/мин	E ₀ , ккал/моль	E ₀ , вв
1	50	7,76	0,336
2	100	8,32	0,36
3	150	8,5	0,376

рис. 4—6, где представлены зависимости некоторых механических свойств пластифицированного ПВХ от содержания в последнем различных пла-

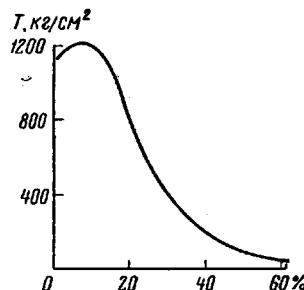


Рис. 4

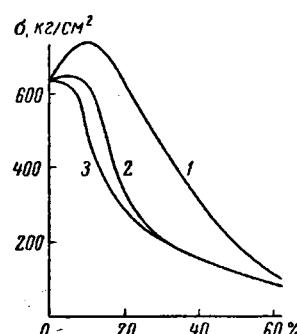


Рис. 5

Рис. 4. Зависимость микротвердости ПВХ от количества пластификатора (диоктилфталата) в нем

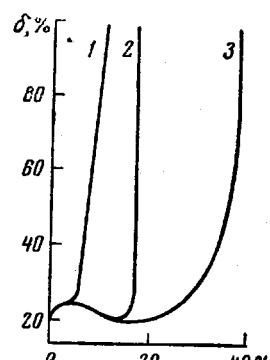


Рис. 6

Рис. 5. Зависимость прочности на разрыв от типа и количества пластификатора:
1 — диоктилсебацинат; 2 — диоктилфталат; 3 — трикрезилфосфат

Рис. 6. Зависимость удлинения при разрыве от содержания пластификатора:
1 — диоктилсебацинат; 2 — диоктилфталат; 3 — трикрезилфосфат;

стификаторов. Приведенные графики подтверждают высказанное предположение.

Электрическая прочность. Следует ожидать, что за счет ионизирующего действия излучения облегчаются условия образования электронных лавин (электропроводность растет) и электрическая прочность ПВХ должна падать по мере увеличения интенсивности и дозы излучения. Более того, в облучаемом полимере образуются дефекты структуры, которые также приводят к снижению электрической прочности. Однако изменение электрической прочности ПВХ при облучении заранее определить трудно.

На рис. 7 представлены данные о величине электрической прочности ПВХ, полученной после облучения рентгеновскими лучами дозой до 10^6 р. Зависимость проведена по средним экспериментальным значениям, так как они представляют собой наиболее вероятные величины электрической прочности и характеризуют наиболее вероятный размер дефектов, образующихся в ПВХ под действием излучений. Поскольку количество дефектов в облучаемом полимере остается одинаковым [4], а электрическая прочность ПВХ, так же как и других полимеров [5], растет с увеличением дозы излучения, следует считать, что при облучении размеры дефектов в ПВХ уменьшаются, т. е. ПВХ подвергается спшиванию, что имеет место в действительности. Кроме того, электрическая прочность ПВХ, как это было показано нами в [6, 7], в значительной степени определяется величиной объемного заряда.

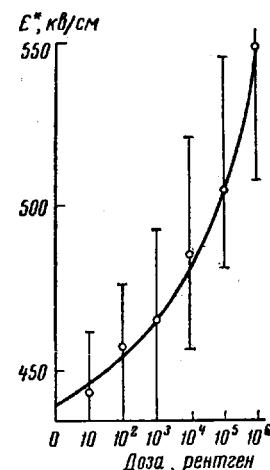


Рис. 7. Зависимость электрической прочности от дозы облучения

Выводы

Инициированные рентгеновскими лучами носители тока, пройдя некоторый путь, оседают на метастабильных уровнях, образуя объемный

заряд. Ранее нами было сделано обоснованное предположение о том, что объемный заряд имеет ионную природу. На наш взгляд ионный объемный заряд должен увеличивать э.д.с. и электрическую прочность диэлектриков. Проведенные эксперименты по измерению э.д.с. и электрической прочности облученного ПВХ доказывают ранее высказанное предположение о роли объемного заряда в диэлектриках, в частности в облучаемом полимере.

Запорожский машиностроительный
институт им. В. Я. Чубаря

Поступила в редакцию
20 VII 1961

ЛИТЕРАТУРА

1. Ф. И. Коломойцев, Науч. записки Днепропетровского гос. университета, 72, 3, 1957.
2. К. К. Аглиницев, Дозиметрия ионизирующих излучений, ГИТТЛ, 1957.
3. А. Д. Щелоков, Изв. Томского политехн. ин-та, 91, 391, 1956; 95, 117, 1958.
4. F. Klein, C. Mappal, Trans. AIEE, 74, 723, 1955.
5. A. E. Javitz, Electr. Manufact., 55, 85, 1955.
6. Г. А. Воробьев, В. Д. Кучин, Изв. Томского политехн. ин-та, 94, 56, 1958.
7. В. Д. Кучин, Изв. вузов, Физика, 1, 30, 1959.

INDUCED ELECTROMOTIVE FORCE AND ELECTRICAL STRENGTH OF IRRADIATED POLYVINYLCHLORIDE

V. D. Kuchin, A. K. Shastova

S u m m a r y

X-ray induced emf in polyvinylchloride increases exponentially with increase in radiation intensity, tending towards a saturation value. With increase in temperature the induced emf decreases, independently of the radiation intensity. The electrical strength of PVC increases with increase in dosage, evidently due to decrease in size of the defects and to the action of the space charge generated by the radiation. An analysis of the experimental results has been presented and the mechanism of the processes in PVC caused by irradiation has been discussed.