

УДК 621.382.002

А.В. Бакунцев, канд. тех. наук, В.М. Кириленко, канд. тех. наук, Н.С. Мазурок

Влияние депластификации на физические свойства ПВХ-пластиката

Исследовано влияние депластификации пластиката на изменение его физических свойств. Установлено, что удаление пластификатора сопровождается снижением диэлектрической проницаемости, тангенса угла диэлектрических потерь и повышением хрупкости. Зависимости указанных характеристик от предельной массы пластификатора удаленного из пластиката в минеральное масло определенной температуры, описываются экспоненциальными уравнениями. Определены параметры этих уравнений.

The influence of plastic deplasticization on change of its physical properties is investigated. It is established that the removal of the plasticizer is accompanied by reduction of the permittivity, dielectric loss tangent and increasing fragility. Dependence of these characteristics on the limiting mass of plasticizer, removed from the plastic in to mineral oil, of a certain temperature, are described by exponential equations. The parameters of these equations are defined.

Ключевые слова: *ПВХ-пластикат, пластификатор, предельная масса удаленного пластификатора из пластиката в минеральное масло определенной температуры, хрупкость, диэлектрическая проницаемость, тангенс диэлектрических потерь.*

Введение

Работа масляных трансформаторов, масляных выключателей, двигателей внутреннего сгорания, в которых используется изоляция кабелей и проводов на основе поливинилхлоридных пластикатов, неизбежно связана с присутствием минерального масла [1]. Контактное взаимодействие пластиката с такой средой вызывает в нем необратимые физико-химические процессы, которые в соответствии с результатами работ [2, 3] могут быть описаны диффузионным механизмом удаления пластификатора из пластиката.

Согласно [1, 4, 5] диффузионная депластификация пластиката сопровождается сближением макромолекул полимера вследствие утоньшения мономолекулярного слоя пластификатора между ними. Снижение концентрации пла-

стификатора приводит к замещению более слабого взаимодействия звеньев макромолекул с молекулами пластификатора непосредственным взаимодействием звеньев макромолекул между собой, что затрудняет сдвиговую деформацию пластиката и увеличивает его жесткость и хрупкость, снижает ресурс материала при механическом нагружении. Удаление пластификатора из пластиката сопровождается также изменением его относительной диэлектрической проницаемости ϵ_r и тангенса угла диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$.

Цель работы

Исследование возможности неразрушающей оценки ресурса пластифицированных полимерных материалов, отказы которых связаны с выпотеванием пластификатора и критическим снижением механической прочности, на основании данных об изменении электрофизических свойств материала в процессе депластификации.

Постановка задачи

Для установления взаимосвязи между диэлектрическими свойствами и длительной механической прочностью образцов пластиката были проведены исследования трех совокупностей ПВХ-пластиката, результаты изучения депластификации которых под влиянием минерального масла разной температуры изложены в работе [3]. Совокупности, каждая из 100 образцов, изготавливались способом нарезания из одного рулона ленты. Первая совокупность подвергалась воздействию минерального масла температурой 23°C , вторая – $+60^{\circ}\text{C}$, а третья – $+77^{\circ}\text{C}$. Предельная масса пластификатора продиффундировавшего из пластиката в минеральное масло определенной температуры определялась как отношение массы пластиката при установившемся диффузионном равновесии, т.е. массы, не отличающейся при двух последовательных взвешиваниях не более чем на $\pm 0,0001$ г к его первоначальной массе. Предельная относительная масса, представленная в процентах, для первой совокупности составила в среднем $\mu_{п1} = 6,87\%$, для второй –

$\mu_{п2} = 12,42\%$ и для третьей – $\mu_{п3} = 16,9\%$. Аналогично была приготовлена и четвертая, контрольная совокупность, не подвергавшаяся воздействию минерального масла и, следовательно, характеризуемая предельной массой $\mu_{пк} = 0\%$.

Исследование изменения физических свойств ПВХ-пластиката в процессе депластификации

Удаление пластификатора из пластиката под влиянием минерального масла привело к изменению его цвета от бледно розового (контрольная совокупность) до темно коричневого при наибольшей степени депластификации 16,9% (рис. 1).



Рис. 1. Образцы совокупностей в порядке возрастания депластификации (с лева на право)

Оценка хрупкости пластиката выполнялась при комнатной температуре путем измерений

числа изгибов до нарушения целостности материала. Изгибы на угол 180° осуществлялись без проглаживания в ручную. Число изгибов или циклов первых трех образцов контрольной совокупности составили значения 24900; 25100; 24970. Поэтому из-за значительных временных затрат и трудоемкости испытания были реализованы в полном объеме на всех образцах только для депластифицированных совокупностей. Число циклов первой совокупности определилось третьим порядком, второй – вторым, а третьей – первым. По их значениям соответствующим предельной относительной массе удаленного пластификатора на графике рис. 2 с помощью компьютерно-вычислительного пакета STATISTICA 7 составлена аппроксимирующая зависимость, определяемая экспоненциальным уравнением:

$$\omega = 25073,16 * \exp(-0,46\mu_n), \quad (1)$$

где ω – число циклов.

Решение этого уравнения при условии $\mu_{пк} = 0\%$ определило среднее значение числа циклов контрольной совокупности равное 25073. Сравнение этого значения с числами циклов первых трех образцов контрольной совокупности (24900; 25100; 24970) свидетельствует об адекватности выполненной экстраполяции.

Наблюдаемое снижение хрупкости пластиката с четвертого до первого порядка числа циклов при удалении из него пластификатора обусловлено изменением вязкости композиционной системы пластикат-пластификатор, снижением гибкости молекул и надмолекулярных структур [4, 5].

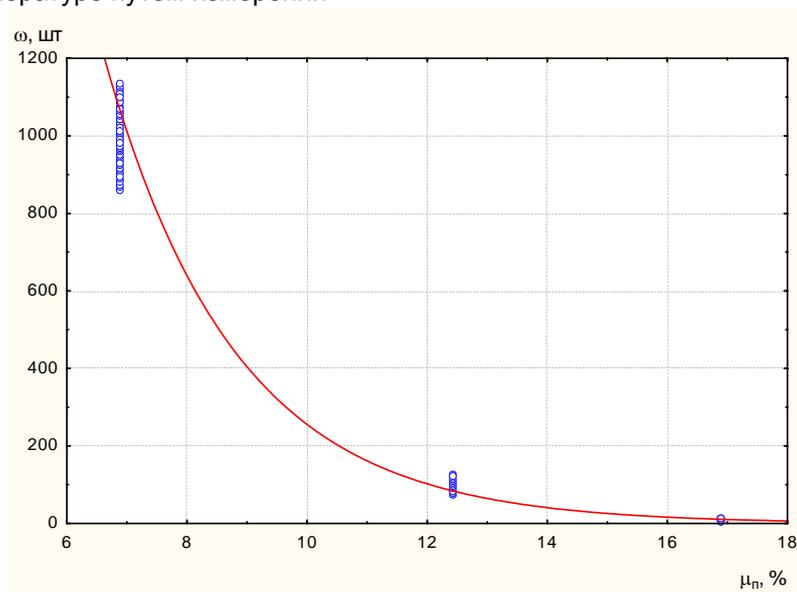


Рис. 2. Зависимость числа изгибов пластиката от предельной массы удаленного из него пластификатора

Диэлектрическая проницаемость ε_r и тангенс диэлектрических потерь $\operatorname{tg}\delta$ исследуемого пластика измерялись с помощью мостового метода Шеринга. Данные измерений отвечающие предельным массам удаленного пластификатора представлены в виде графиков на рисунке 3 и 4. Аппроксимирующие их кривые подчиняются экспоненциальным уравнениям:

$$\varepsilon_r = 5,7799 * \exp(-0,0254\mu_n) \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}\delta = 0,0589 * \exp(-0,1306\mu_n). \quad (3)$$

Анализ этих результатов показывает, что удаление пластификатора из исследуемого пластика снижает его диэлектрическую проницаемость и диэлектрические потери. Это обусловлено тем, что исследуемые характеристики ε_r и $\operatorname{tg}\delta$ пластика зависят от полярности пластификатора. Удаление полярных пластификаторов, диэлектрическая проницаемость которых велика, приводит к понижению диэлектрической проницаемости и тангенса диэлектрических потерь пластика [4, 5].

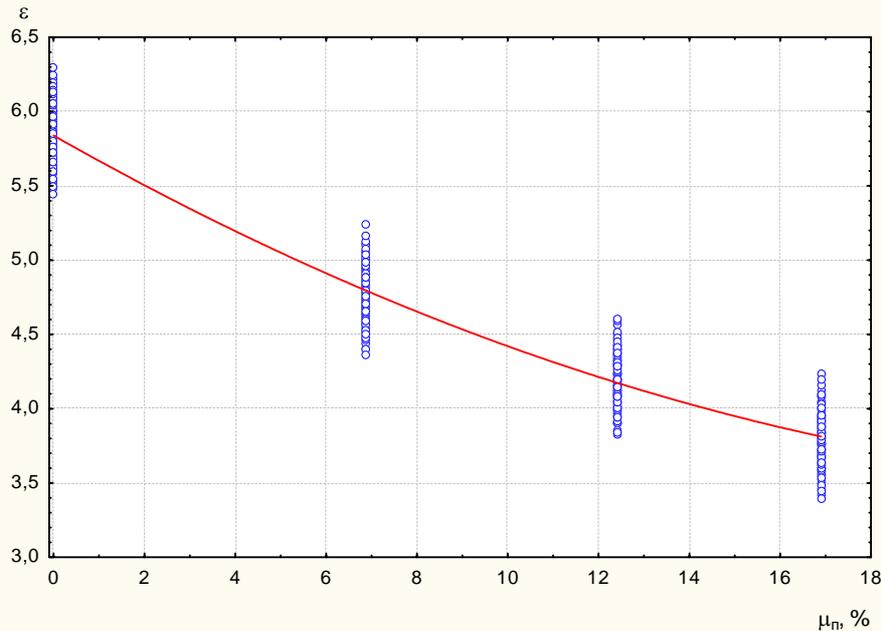


Рис. 3. Зависимость диэлектрической проницаемости пластика от предельной массы удаленного из него пластификатора

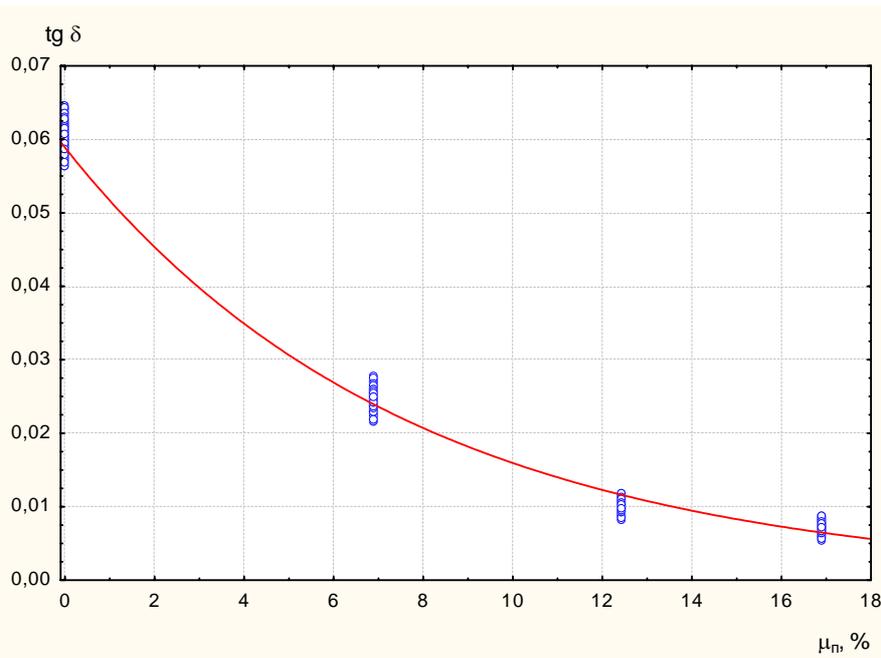


Рис. 4. Зависимость тангенса диэлектрических потерь пластика от предельной массы удаленного из него пластификатора

Согласно экспериментальным данным взаимодействие минерального масла и исследуемых совокупностей пластиката приводит к постепенному изменению его свойств, т.е. значения диэлектрических характеристик улучшаются, а механических – ухудшаются. Именно из-за ухудшения механических характеристик, проявляемого возрастанием хрупкости, депластифицирующийся пластикат постепенно теряет способность выполнения функции изоляционного материала электрических кабелей и проводов с параметрами, установленными требованиями технической документации.

Выводы

При комнатной температуре зависимости хрупкости, тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости пластиката от предельной массы удаленного из него пластификатора описываются экспоненциальными зависимостями.

*Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт»*

Литература

1. Поливинилхлоридные материалы и их применение в кабельной технике / Ю.Н. Ван-Гаут, Ю.М. Котт, Ю.В. Ляхов, И.Д. Троицкий / Под ред. И.Д. Троицкого. - М.: Энергия, 1977. -152 с.
2. *Бакунцев А.В., Олейник П.Н., Диффузионная модель старения поливинилхлоридного пластификата // Вестник киевского политехнического института.- 1983. №20. –С. 75-77.*
3. Мазурок Н.С. Распределение срока службы поливинилхлоридной изоляции// *Электроника и связь. – 2005. – №27. – С. 8-13.*
4. *Тагер А.А. Физико-химия полимеров – М.: Химия, 1968. – 536 с.: ил.*
5. *Барштейн Р.С., Кирилович В.И., Носовский Ю.Е. Пластификаторы для полимеров – М.: Химия, 1982. – 200 с.: ил.*