

ПОЛЯРИЗАЦИЯ ОБРАЗЦОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ

А.А. Ходяков, Р.Х. Абу-Ниджим

Кафедра эксплуатации автотранспортных средств
Инженерный факультет
Российский университет дружбы народов
ул. Миклухо-Маклая, 8, корпус 3, Москва, Россия, 117198

Изучен механизм поляризации образцов лакокрасочного покрытия. Установлено, что поляризация обусловлена локализацией зарядов в тонком поверхностном слое и в объеме покрытия. Электрическое сопротивление образцов составило $5,6 \cdot 10^{17}$ — $5,6 \cdot 10^{18}$ Ом · см, энергия активации ответственных за релаксацию заряда электрически активных дефектов — 1,2 эВ.

Ключевые слова: лакокрасочное покрытие, поляризация, локализация заряда, электрически активные дефекты.

Известно, что для контроля качества лакокрасочного покрытия (ЛКП) применяют способы, в которых, используя электрический ток, испытанию подвергают образцы, помещенные в растворы электролитов (емкостно-омический метод и метод поляризационного сопротивления). Кроме того, существует метод, основанный на непосредственном определении удельного поперечного электрического сопротивления лакокрасочного покрытия.

Указанные способы позволяют оценить адгезионные свойства ЛКП, а по значению электрического сопротивления — способность покрытия защищать металл от коррозии. Например, известно, что хорошими защитными свойствами в морской воде обладают ЛКП, имеющие поперечное электрическое сопротивление более 10^8 Ом · см².

Относительно высокие значения электрического сопротивления (ρ) лакокрасочных покрытий свидетельствуют о том, что они, также как и обладающие высокими значениями ρ диэлектрики ($\rho > 10^{11}$ Ом · см), могут под действием электрического поля переходить в заряженное состояние, т.е. электризоваться (поляризоваться). Данные, полученные в результате исследования процессов поляризации, позволяют сделать выводы об электрофизических свойствах исследуемого материала, дефектах его структуры [1—5]. Поэтому с целью определения указанных свойств и дефектов структуры были изучены процессы поляризации образцов лакокрасочного покрытия.

Экспериментальная часть

Объектами исследования при изучении процессов поляризации были куски лакокрасочного покрытия, образовавшиеся на крыле автомобиля (автомобиль выпущен в 1995 г.) в результате его коррозии. Габаритные размеры кусочков (плоско-параллельные образцы) не превышали $2 \cdot 10^{-2} \cdot 1,5^{-2} \cdot 8 \cdot 10^{-3}$ (м). Осмотр среза указанных образцов показал, что ЛКП состоит из нескольких слоев. Изучали ис-

ходные образцы, пластинки, не содержащие верхний слой — лак и покровную эмаль с пигментом. Исследовали образцы без нижнего слоя, который представлял собой антикоррозионный грунт бурого цвета, а также пластинки, не содержащие верхний и нижний слои (промежуточный слой белого цвета, сердцевина). Снятие слоев осуществляли посредством их сошлифовки.

Поляризацию ЛКП проводили (на воздухе) посредством воздействия на образцы постоянного электрического поля напряженностью $\sim 10^6 \text{ В} \cdot \text{м}^{-1}$ при температуре $70 \text{ }^\circ\text{C}$ в течение 0,2 ч. Далее образцы охлаждали (не снимая поля) до комнатной температуры. Контроль наличия в образцах эффекта поляризации (после указанной ранее процедуры) проводили, измеряя токи деполяризации (термостимулированные токи короткого замыкания, ТТКЗ) в режиме линейного нагревания (от $20 \text{ }^\circ\text{C}$ до $\sim 150 \text{ }^\circ\text{C}$) объектов исследования со скоростью $\sim 5\text{--}6 \text{ град} \cdot \text{мин}^{-1}$ [3—5]. В экспериментах использовали блокирующие электроды.

Обсуждение результатов

В результате проведенных исследований установлено, что в области температуры 344 К на кривых токов деполяризации при отжиге всех без исключения образцов наблюдаются экстремальные значения термотока (рис. 1).

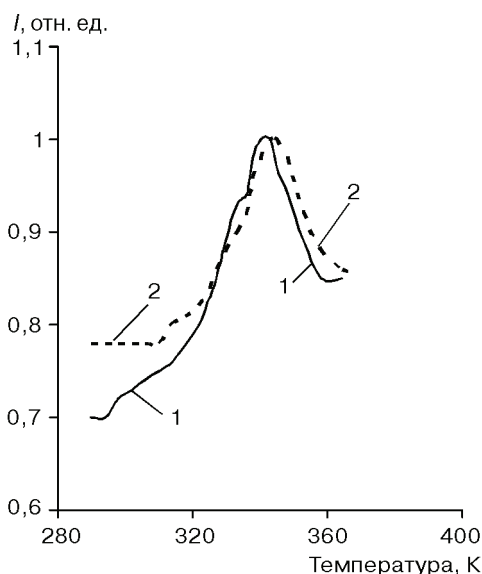


Рис. 1. Спектры термостимулированного тока (I , отн. ед.) короткого замыкания в ЛКП, не содержащем нижний слой (1), и образцах промежуточного слоя (сердцевина) (2).

Это свидетельствует о том, что ЛКП не только поляризуется, но и содержит электрически активные дефекты (ход кривых ТТКЗ представляет собой процесс релаксации накопленного образцами ЛКП заряда). Энергия активации ($W_{\text{акт}}$) ответственных за релаксацию заряда электрически активных дефектов, рассчитанная по полуширине пика тока деполяризации [5], составила $1,2 \text{ эВ}$.

Для определения электрического сопротивления образцов ЛКП была снята кривая спонтанной релаксации заряда, определено время (τ) его жизни. На рис. 2

в координатах q_t/q_0 от t представлено относительное изменение заряда от времени хранения образцов (на воздухе при 20 °С) после воздействия на них электрического поля.

$$q_t = q_0 \cdot \exp\left(\frac{-t}{\tau}\right), \quad (1)$$

где τ — время релаксации заряда (время жизни); t — время; q_0 — исходный заряд; q_t — величина заряда в момент времени t при постоянной температуре (20 °С).

Из хода зависимости q_t/q_0 от t (рис. 2) следует, что плотность заряда (q) за время $7,2 \cdot 10^3$ с (2 часа) падает на 30% и дальше плавно снижается. Значение τ определяли графически по наклону прямых в координатах $\ln(q_t/q_0)$ от t (рис. 3).

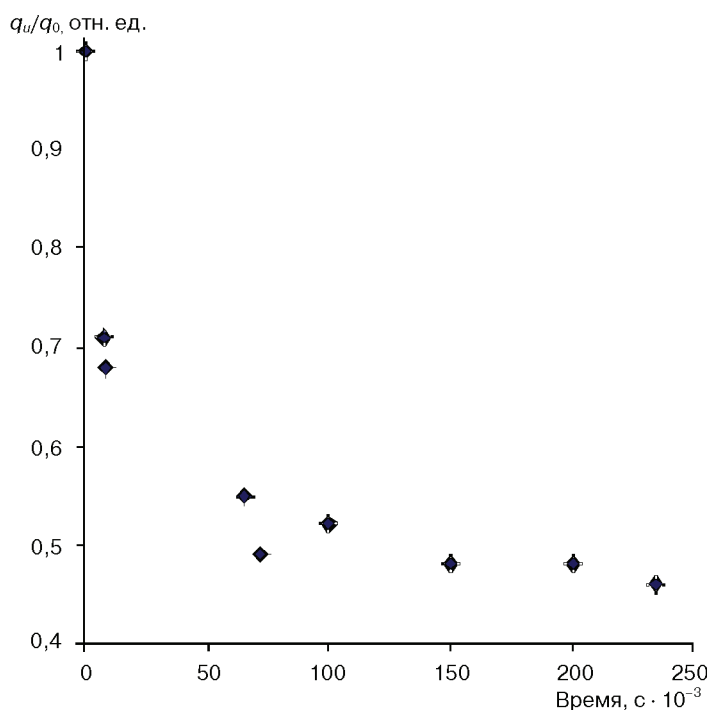


Рис. 2. Изменение относительной величины заряда ($q_t \cdot q_0^{-1}$) от времени в образцах промежуточного слоя (сердцевине)

Величину накопленного полимерами заряда рассчитывали графическим интегрированием зависимостей тока от времени.

Значения электропроводности образцов ЛКП оценивали с помощью соотношения [2]:

$$\sigma = \epsilon_0 \epsilon \tau^{-1}, \quad (2)$$

где ϵ_0 , ϵ — диэлектрические проницаемости вакуума ($\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф · м⁻¹) и исследуемого материала ($\epsilon \cong 3$ как среднее значение часто цитируемых в литературных источниках параметра диэлектрической проницаемости ЛКП) соответственно; τ — время релаксации заряда (время жизни), с.

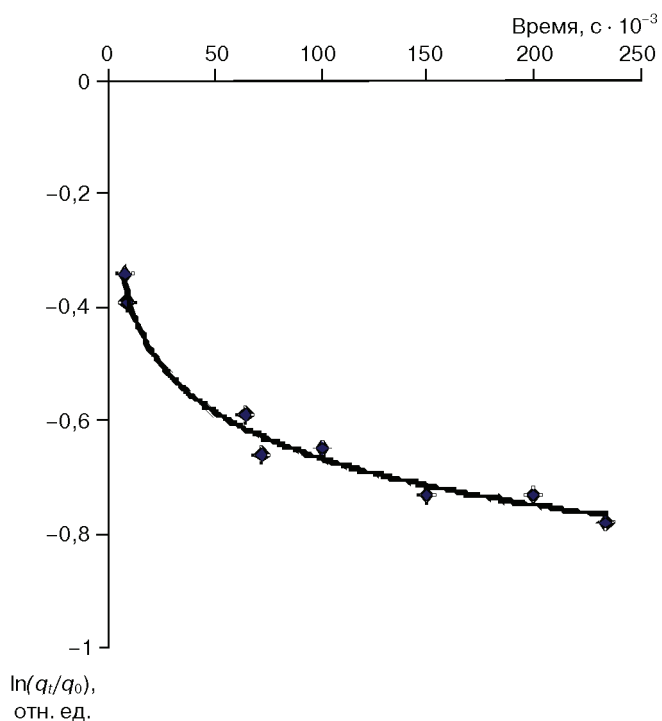


Рис. 3. Зависимость изменения относительной величины заряда $\ln(q_t/q_0)$ от времени в поляризованных образцах промежуточного слоя (сердцевине)

Из хода приведенных зависимостей (см. рис. 2,3) следует, что релаксация заряда во времени описывается более сложным, чем экспоненциальный закон, выражением с двумя временами релаксации $1,5 \cdot 10^5$, $1,5 \cdot 10^6$ с. Это свидетельствует о том, что заряды локализуются как в тонком поверхностном слое, так и в объеме лакокрасочного покрытия. Значения электропроводности, рассчитанные по уравнению (2), составили $1,8 \cdot 10^{-16}$ и $1,8 \cdot 10^{-17}$ См/м ($\rho = 5,6 \cdot 10^{17}$ Ом · см, $\rho = 5,6 \cdot 10^{18}$ Ом · см).

Таким образом, образцы лакокрасочного покрытия под действием электрического поля поляризуются. Поляризация обусловлена локализацией зарядов как в тонком поверхностном слое, так и в объеме лакокрасочного покрытия. Значения электрического сопротивления $5,6 \cdot 10^{17}$ — $5,6 \cdot 10^{18}$ Ом · см, а также энергия активации (1,2 эВ) электрически активных дефектов близки к цитируемым для полимеров и полимерных материалов параметрам ρ и $W_{\text{акт}}$ [1; 3]. Значение $W_{\text{акт}}$ лакокрасочного покрытия близко к значениям энергии активации электрически активных дефектов в полистироле и полиэтилене, поляризованных с помощью неблокирующих электродов (в условиях инъекции заряженных частиц извне) [3]. Таким образом, электрически активными дефектами в образцах ЛКП могут быть не только различные элементы структуры покрытия как полимерного материала, но и заряженные частицы, например, в виде низкомолекулярных продуктов деструкции макромолекул или ионы примесей.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Луццейкин Г.А.* Методы исследования электрических свойств полимеров. — М: Химия, 1998.
- [2] *Громов В.В.* Электрический заряд в облученных материалах. — М.: Энергоиздат, 1982.
- [3] *Ходяков А.А., Громов В.В.* Поляризация полиэтилена и полистирола, легированных бромом // *Материаловедение.* — 2003. — № 4. — С. 18—22.
- [4] *Ходяков А.А., Захарова Е.В., Меняйло К.А., Дарская Е.Н., Прошин И.М.* Электрофизические и сорбционные свойства отожженных образцов аргиллита // *Материаловедение.* — 2007. — № 6. — С. 35—39.
- [5] *Гороховатский Ю.А., Бордовский Г.А.* Термоактивационная токовая спектроскопия высокоомных полупроводников и диэлектриков. — М.: Наука, 1991.

POLARIZATION OF SAMPLES OF THE PAINT AND VARNISH COVERING

A.A. Hodjakov, R.Kh. Aby-Nidzdim

Department of Motors Vehicles Operating
Engineering Faculty

Peoples' Friendship University of Russia
Mikluho-Maklaya str., 8-3, Moscow, Russia, 117198

The mechanism of polarization of a lacquer coating is studied. It is established that polarization is caused by localization of charges, both in a thin blanket, and in covering volume. Electric resistance of samples has made $5.6 \cdot 10^{17}$ — $5.6 \cdot 10^{18}$ Ohm · cm, energy of activation responsible for a charge relaxation электрически active defects — 1.2 eV.

Key words: lacquer coating, polarization, charge localization, electrically active defects.