

Н. Р. Прокопчук², проф. ;
А. Ю. Ключев¹, вед. науч. сотр., д-р техн. наук;
О. О. Макаревич¹, ст. науч. сотр. (¹ИФОХ НАН Беларуси, ²БГТУ, г. Минск)

РЕГУЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ЛАКОВЫХ ПОКРЫТИЙ ПО МЕДИ ВАРЬИРОВАНИЕМ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ, ОТВЕРДИТЕЛЕЙ И ПЛАСТИФИКАТОРОВ

В Республике Беларусь электроизоляционные лаки не производятся, но активно применяются. Поэтому актуальным является исследование, посвященное разработке новых термоотверждаемых лаков с улучшенными эксплуатационными свойствами. В качестве пленкообразователя нами выбраны эпоксидные смолы (ЭС) с различной молекулярной массой олигомерных молекул: Э-40, KER 828 (аналог ЭД-20), Этал 245. Эпоксидные смолы, по сравнению с другими смолами, отличаются более высокой прочностью при изгибе покрытия на их основе, при отверждении не образуют пор и вздутий. Наличие в молекулах ЭС двух типов функциональных групп (эпоксидных и гидроксильных) позволяет использовать широкий круг отвердителей. Нами использованы два перспективных отвердителя ЭС: канифолетерпеномалеиновый аддукт (КТМА) и терпеноидномалеиновый аддукт (ТДМА) [1,2]. Пластификаторами служили стандартные дибутиловый эфир фталевой кислоты (ДФФ) продукт конденсации эпихлоргидрина с диэтиленгликолем (ДЭГ-1). Для определения оптимального соотношения ЭС: отвердитель готовили лаковые композиции составов 3:1, 3:2, 3:3. Для определения механических свойств покрытий вначале готовились 20-% раствора ЭС в этилацетате. Затем вводились пластификаторы в количествах: ДБФ 2%, 3%, 4% и 5% мас. и ДЭГ-1 3%, 5%, 7% и 10% мас. После добавления расчетных количеств отвердителей лаковые композиции наносились аппликатором на медные подложки с толщиной мокрого слоя 100 мкм. После отверждения покрытия за счет удаления растворителя из них и толщина колебалась в пределах 16-24 мкм. Выбор оптимальной температурного режима отверждения покрытий после их предварительной сушки, производился путем сопоставления времени отверждения при температурах 120°C, 140°C, 160°C (рисунок 1). Использовались композиции эпоксидных смол Э-40 и KER 828 и отвердитель ТДМА. Из рисунка 1 следует, что время отвердителя уменьшается как с увеличением температуры, так и количество отвердителя. Наиболее приемлемой температурой отверждения является 160°C, лаковые покрытия полученные при этой температуре гладкие, ровные, без кратеров на поверхности. Наличие кратеров на поверхности покрытий, отвержденных при 120°C и 140°C, свидетельствует о том, что летучие вещества, в частности раство-

ритель, не успевают испариться до начала процесса формирования трехмерной сетчатой структуры.

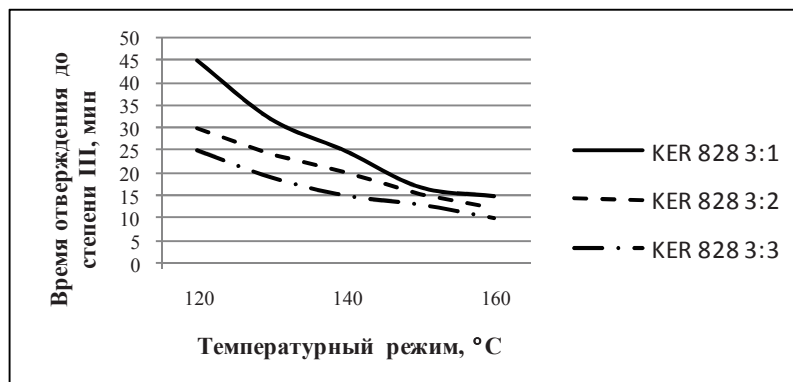


Рисунок 1 - График зависимости времени отверждения от температурного режима отверждения

На рисунке 2 представлена зависимость твердости покрытий на основе смолы KER 828, отвержденных при 160°C с разным количеством ТДМА.

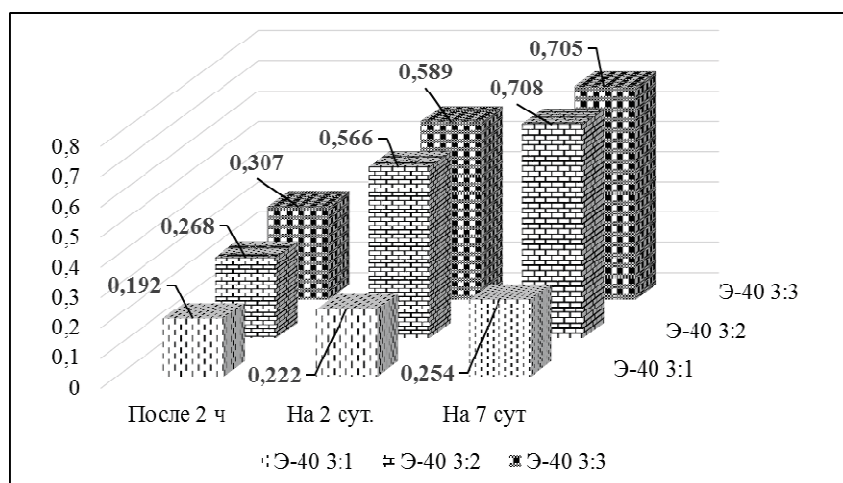


Рисунок 2 - Диаграмма зависимости твердости покрытия от соотношения смолы Э-40 и отвердителя ТДМА

Видно, что твердость покрытий возрастает с ростом количества отвердителя, вначале резко, затем с замедлением. С увеличением времени выдержки отвержденных покрытий до начала их твердость также существенно возрастает, достигая максимального значения через 7 суток после отверждения, когда пространственная химическая сетка полностью сформирована. Аналогичная зависимость получена для покрытий на основе смолы Э-40. При этом прочность при ударе всех образцов имеет очень низкие значения (менее 10 см), что свидетельствует о высоких внутренних напряжениях в сетчатой структуре покрытия. Высокая хрупкость полученных покрытий не позволяет их использовать в производстве электропроводов, часто подвергаются деформации на из-

гиб. После определения оптимального соотношения смола:отвердитель для Э-40, KER 828, Этал 245, ТДМА и КТМА и режима отверждения (160°C, до 20 минут) получены покрытия по меди с хорошей твердостью, но низкой прочностью при ударе. Для повышения эластичности покрытия, а, следовательно, и прочности при ударе, в композиции дополнительно введены пластификаторы:

Таблица - Физико-механические свойства термоотверждаемых ЭС

	Твердость, отн. ед	Адгезия, балл	Прочность при ударе, см
<i>ЭД 20 + КТМА</i>			
ДБФ 2%	0,716	3	>10
ДБФ 3%	0,850	3	10
ДБФ 4%	0,892	3	20
ДБФ 5%	0,892	3	10
<i>ЭД 20 + КТМА</i>			
ДЭГ 3%	0,750	2	20
ДЭГ 5%	0,743	1	40
ДЭГ 7%	0,795	1	30
ДЭГ 10%	0,711	1	30
<i>ЭД 20 +ЭТАЛ 45М</i>			
–	0,597	1	60

Анализ данных таблицы показывает, что пластификатор ДЭГ-1 более эффективен, чем ДБФ: он улучшает адгезию покрытий с 3 баллов до 1 балла; повышает прочность при ударе с 10 см до 40 см, то есть в 2 раза больше, чем ДБФ. При этом оба пластификатора практически не влияют на твердость покрытий. Кроме того, покрытия на основе смолы ЭД-20 и отвердителя аминного типа Этал 45 М, содержащего пластификатор, характеризуются наибольшей прочностью при ударе (60 см) при высокой адгезии в 1 балл, но пониженной на 20 % твердостью.

Лучший по механическим свойствам является покрытие на основе ЭД -20, КТМА и 5% ДЭГ-1. Оно обладает хорошей адгезией (1 балл), достаточной твердостью (0,74 отн. ед.), сравнительно высокой прочностью при ударе (40 см).

ЛИТЕРАТУРА

1. Получение терпеноидномалеиновых аддуктов, свойства и применение / А.Ю. Ключев, Н.Г. Козлов, Н.Р. Прокопчук, Е.Д. Скаковский, И.А. Латышевич // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. №1 – С. 109-128.
2. Свойства лаковых покрытий, полученных с использованием модифицированных терпеномалеиновых смол / И. А. Латышевич, Н.Р. Прокопчук, А.Ю. Ключев, Н.Г. Козлов // Вес. Нац. акад. наук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2017. №3. – С. 110-114.