

УДК 667.64

DOI: 10.18577/2071-9140-2014-0-1-69-71

Н.И. Нефедов, Л.В. Семенова

**УФ-ОТВЕРЖДАЕМЫЕ ЛАКОВЫЕ ПОКРЫТИЯ\***

Способ отверждения покрытий УФ-излучением получил промышленное развитие в конце 60-х годов прошлого века и в настоящее время считается одним из наиболее перспективных. Достоинствами этого способа являются: высокая производительность, малые затраты энергии, несложность оборудования.

**Ключевые слова:** лакокрасочные материалы, лаковые покрытия, УФ-отверждение, влагозащитные электроизоляционные лаки, печатные платы, элементы радиоэлектронной аппаратуры.

The way of curing coatings with UV-radiation was put into operation in the late 60-ies of the last century and now is considered as one of the most promising. Advantages of this way are as follows: high efficiency, low power consumption, simplicity of the equipment.

**Key words:** paint-and-lacquer materials, lacquer coatings, UV-curing, moisture-protective and electric insulating varnishes, printed-circuit boards, electronics elements.

\* В работе принимала участие В.А. Кузнецова.

В последние годы все более широкое применение находят новые высокоскоростные методы отверждения лакокрасочных покрытий. На смену традиционным термоотверждающимся покрытиям приходят более прогрессивные лакокрасочные материалы, отверждаемые менее энергоемкими способами – за счет действия излучений высоких энергий: ускоренных электронов, ультрафиолетового и инфракрасного излучения. Из существующих методов радиационной сушки отверждение покрытий УФ-излучением находит все более широкое применение [1–7].

В отличие от рецептов атмосферостойких фторполиуретановых покрытий, когда требовалось свести к минимуму скорость фотохимических реакций, протекающих под воздействием УФ-излучения, в случае разработки УФ-отверждаемых покрытий требуется подбор наиболее чувствительного к УФ-излучению инициатора для начала процесса полимеризации акрилового мономера или раскрытия двойных связей у используемого олигомера.

Ультрафиолетовое отверждение покрытий обладает рядом существенных преимуществ перед традиционными методами термоотверждения:

- заметно уменьшается деформация деталей большого размера за счет снижения интенсивности тепловых полей;

- оборудование для отверждения покрытий характеризуется относительно невысокой ценой, портативностью и малым энергопотреблением.

Процесс УФ-отверждения в экологическом плане более чистый в отличие от термического отверждения, поскольку отсутствуют испарение растворителей и выделение летучих продуктов.

Для использования метода УФ-отверждения применяются специальные быстросохнущие фотополимеризующиеся лаки. Они отверждаются только непосредственно под воздействием излу-

чения, что не позволяет использовать такие лаки для защиты изделий со сложной конфигурацией, при наличии теневых участков, куда не попадает УФ-излучение.

Одними из наиболее сложных вопросов, стоящих перед авиационным приборостроением, являются влагозащита и электроизоляция плат печатного монтажа. Применяемые в настоящее время в промышленности влагозащитные электроизоляционные лаки (ЭП-730, ЭП-9114, ФЛ-582 и др.) для защиты плат печатного монтажа отверждаются конвекционным или терморadiационными методами в течение длительного времени. Наличие теневых участков на поверхности плат под радиоэлектронными элементами и сложный комплекс высоких требований, предъявляемых к электроизоляционным лакам для защиты плат печатного монтажа, объясняют отсутствие в настоящее время отечественных и зарубежных фотополимеризующихся лаков для защиты плат печатного монтажа с навесными радиоэлектронными элементами.

В ВИАМ для защиты плат печатного монтажа разработан быстросохнущий фотополимеризующийся лак с двойным механизмом отверждения – отверждаемый как непосредственно под воздействием УФ-облучения, так и в теневых участках, недоступных для проникновения УФ-лучей [8]. В основе разработанной фотополимеризующейся композиции лежит пленкообразующее, входящее в состав широко применяемого двухкомпонентного эпоксиуретанового лака УР-231. Такое покрытие должно обеспечить необходимые влагозащитные и электроизоляционные свойства и отвечать всем требованиям, предъявляемым к покрытиям для защиты плат печатного монтажа, эксплуатируемых во всеклиматических условиях. В ходе работы было проведено исследование процессов полимеризации непредельных соединений под воздействием УФ-облучения. В том числе иссле-

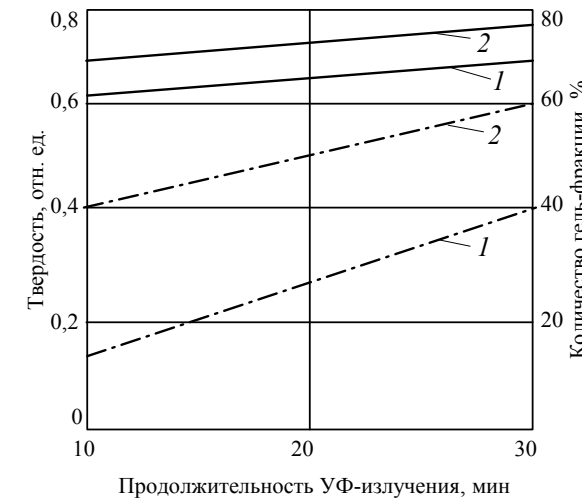


Рис. 1. Зависимость степени отверждения лака УР-231 от продолжительности УФ-излучения (--- непосредственно после излучения; — через 5 сут): 1 – твердость; 2 – количество гель-фракции



Рис. 2. Процесс УФ-отверждения маркировочных знаков самолета с использованием небольшой УФ-панели

**Свойства покрытий на основе лака УР-231 при различных способах отверждения**

Показатель	Конвекционная сушка	Сушка при УФ-излучении		
		Без фотоинициатора	Фотоинициатор	
			№1	№2
Продолжительность отверждения, ч	8	0,5	0,25	0,25
Влагопоглощение, %	1,2	1,2	1,8	1,4
Адгезия к меди, балл	2	2	3	2
Эластичность, мм	1	1	3	3
Твердость, отн. ед.	0,7	0,7	0,7	0,7
Ударная прочность, см	50	50	10	20
Спиртобензостойкость		Обеспечивается		

довано влияние типа инициатора на кинетические параметры процесса отверждения и свойства получаемых покрытий. Разработана рецептура фотополимеризующегося лака, отработан технологический режим отверждения покрытия, изучена кинетика полимеризации в открытых и теневых зонах. Изучены физико-механические, защитные и диэлектрические свойства разработанного покрытия [9–12].

В.В. Амеличевой под руководством В.В. Чеботаревского были проведены эксперименты, подтверждающие возможность ускоренного отверждения лака УР-231 под действием УФ-излучения, и получены пленки, не уступающие по свойствам пленкам, формируемым с помощью термоотверждения. Полученные данные (рис. 1) показывают, что при действии УФ-излучения отверждение до степени 0,35 достигается через 30 мин в основном за счет полимеризации по двойным связям ненасыщенных кислот. Дальнейшая реакция протекает по механизму полиприсоединения при температуре 20°C в течение 5 сут с образованием пленки с твердостью ~0,65 отн. ед.

Изучены физико-механические свойства пленок лака УР-231 (см. таблицу).

Приведенные в таблице данные свидетельствуют о том, что введение фотоинициаторов в лак УР-231, не увеличивая заметно скорости отверждения, снижает физико-механические свойства пленок лака. Поэтому представляется целесообразным при УФ-отверждении использовать лак УР-231 без специальных добавок.

УФ-отверждаемые защитные и декоративные полимерные покрытия хорошо зарекомендовали себя в авиационной промышленности. На рис. 2 показан процесс УФ-отверждения маркировочных знаков на киле самолета с помощью небольшой УФ-панели, перемещаемой рабочим вручную.

С развитием производства крупногабаритных УФ-квантовых излучателей станет возможным использовать технологию УФ-отверждения для промышленного внедрения разработанного УФ-отверждаемого электроизоляционного лака [13–18].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Чеботаревский В.В., Кондрашов Э.К. Технология лакокрасочных покрытий в машиностроении. М.: Машиностроение. 1978. С. 214–220.
2. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А., Малова Н.Е. Развитие авиационных лакокрасочных материалов //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. №5. С. 49–54.
3. Кондрашов Э.К., Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Лебедева Т.А. Основные направления повышения эксплуатационных, технологических и экологических характеристик лакокрасочных покрытий для авиационной техники //Российский химический журнал. 2010. Т. LIV. №1. С. 96–102.
4. Гращенков Д.В., Чурсова Л.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 231–242.
5. Лакокрасочные покрытия. История авиационного материаловедения: ВИАМ – 75 лет поиска, творчества, открытий /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: Наука. 2007. С. 326.
6. Каблов Е.Н. Стратегические направления развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 7–17.
7. История авиационного материаловедения. ВИАМ – 80 лет: годы и люди /Под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ. 2012. 520 с.
8. Чеботаревский В.В., Еникеева Г.А., Амеличева В.В., Першина Н.А. Отверждение лака УР-231 методом ультрафиолетового облучения //Технология авиационного агрегат- и приборостроения. 1982. №2. С. 14–17.
9. Семенова Л.В., Малова Н.Е., Кузнецова В.А., Пожого А.А. Лакокрасочные материалы и покрытия //Авиационные материалы и технологии. 2012. №S. С. 315–327.
10. Кузнецова В.А., Семенова Л.В., Кондрашов Э.К., Лебедева Т.А. Лакокрасочные материалы с пониженным содержанием вредных и токсичных компонентов для окраски агрегатов и конструкций из ПКМ //Труды ВИАМ. 2013. №8. Ст. 05 (viam-works.ru).
11. Бейдер Э.Я., Донской А.А., Железина Г.Ф., Кондрашов Э.К., Сытый Ю.В., Сурнин Е.Г. Опыт применения фторполимерных материалов в авиационной технике //Российский химический журнал. 2008. Т. LII. №3. С. 30–44.
12. Бузник В.М. Сверхгидрофобные материалы на основе фторполимеров //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 29–34.
13. Семенова Л.В., Кондрашов Э.К. Модифицированный бромэпоксидный лак ВЛ-18 для защиты полимерных композиционных материалов //Авиационные материалы и технологии. 2010. №1. С. 29–32.
14. Семенова Л.В., Родина Н.Д., Нефедов Н.И. Влияние шероховатости систем лакокрасочных покрытий на эксплуатационные свойства самолетов //Авиационные материалы и технологии. 2013. №2. С. 37–40.
15. Нефедов Н.И., Семенова Л.В., Оносова Л.А. Исследование процессов отверждения фторполимерных композиций //Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. №11. С. 23–27.
16. Нефедов Н.И., Семенова Л.В. Тенденции развития в области конформных покрытий для влагозащиты и электроизоляции плат печатного монтажа и элементов радиоэлектронной аппаратуры //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 50–52.
17. Кондрашов Э.К., Козлова А.А., Малова Н.Е. Исследование кинетики отверждения фторполиуретановых эмалей алифатическими полиизоцианатами различных типов //Авиационные материалы и технологии. 2013. №1. С. 48–49.
18. Нефедов Н.И., Семенова Л.В. Нанесение лакокрасочных покрытий методом «сырой по сырому» //Авиационные материалы и технологии. 2013. №4. С. 39–42.