

Испытания характеристик влагозащитных покрытий на примере лаков Cramolin на акриловой и полиуретановой основе

Из опыта общения с технологами предприятий, использующих в своей работе влагозащитные лаки торговой марки Cramolin, автору известно, что вызывают интерес такие вопросы, как изменчивость характеристик нанесенного покрытия в зависимости от условий, в которых оно находится: устойчивость покрытия к солевому туману, температуре и влажности. Как правило, производитель приводит характеристики покрытия применительно к стандартным условиям эксплуатации. Для оценки влияния внешних воздействий были проведены испытания наиболее популярных (и, вследствие этого, вызывающих наибольшее число вопросов) продуктов среди аэрозолей, а именно влагозащитных лаков Urethane Clear и Plastik.

Алексей Норкин

unisvs@sovintel.ru

Влагозащитные покрытия на акриловой основе Cramolin Plastik отличаются высокой атмосферостойкостью. Они образуют блестящий гибкий защитный слой, противостоящий кислотам, солям, плесени, коррозионным испарениям, спиртам, термическим и механическим воздействиям, щелочам, влаге и другим проявлениям агрессивной окружающей среды. Этот слой представляет собой устойчивую пленку, появляющуюся на металлах, пластике, древесине, стекле и т. д. Допускают получение покрытий путем естественной сушки. Покрытие видимо в УФ-лучах.

Влагозащитные покрытия на полиуретановой основе Cramolin Urethane Clear формируют защитный слой, обладающий высокой стойкостью к воздействию растворителей, термическим и механическим воздействиям, влаге. Они образуют прочную гибкую пленку с отличной адгезией, не проводящую ток. Отверждение однокомпонентного полиуретанового лака происходит при комнатной температуре.

Некоторые свойства влагозащитных покрытий, заявленные производителем, приведены в таблице 1.

Основные характеристики покрытия, зависимость которых требовалось выяснить, — электрическая прочность, удельное объемное электрическое сопротивление и тангенс угла диэлектрических потерь. Доступ-

ные условия проведения испытаний не давали возможности провести исследования в объеме, необходимом для получения сведений, требующихся при использовании этих лаков в аппаратуре ответственного назначения. Однако, поскольку данные лаки предназначены в первую очередь для коммерческого использования, такие ограничения были сочтены допустимыми. Методика проведения осознанно была выбрана близкой к технологии применения лака при производстве небольших серий. Как правило, именно такие производства используют лаки в аэрозольной упаковке, поскольку они позволяют обойтись без специального оборудования для нанесения покрытий. В частности, при отверждении покрытий был использован режим естественной сушки покрытия, поскольку он наименее трудоемок, общедоступен, и при этом в явном виде допускается производителем исследованных лаков.

Измерения характеристик проводились в четырех точках:

- в исходном состоянии (при $T = 15...35\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха 45–75%);
- после выдержки в эксикаторе в течение 24 часов при температуре $23 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха $93 \pm 2\%$;
- после выдержки в эксикаторе в течение 24 часов при температуре $50 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ и относительной влажности воздуха $93 \pm 2\%$;
- после выдержки в солевой камере в течение 10 суток.

Тангенс угла диэлектрических потерь измеряли при тех же условиях при температуре от 20 до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ с шагом в $10\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Образцы получались нанесением двух слоев лака на металлические пластины размером $100 \times 100\text{ мм}$.

Измерения электрических характеристик проводились в соответствии с ГОСТ 6433.2-71, ГОСТ 6433.3-71, ГОСТ 6433.4-71.

Таблица 1. Свойства влагозащитных покрытий

Характеристика	Лак Cramolin Plastik	Лак Cramolin Urethane Clear
Удельная плотность, г/мм ³	0,88	0,79
Диапазон рабочих температур, °C	-70...+120	-40...+130
Поверхностное сопротивление, Ом	$5,0 \times 10^{14}$	$2,5 \times 10^{12}$
Удельное объемное сопротивление, Ом·м	$1,0 \times 10^{14}$	$5,1 \times 10^{12}$
Диэлектрическая прочность, кВ/мм	21,0	82,9

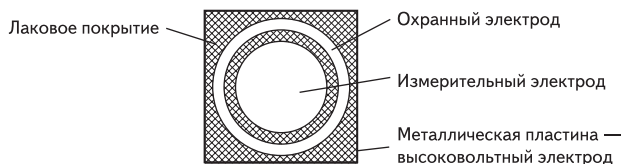


Рис. 1. Схема размещения электродов установки для определения объемного сопротивления

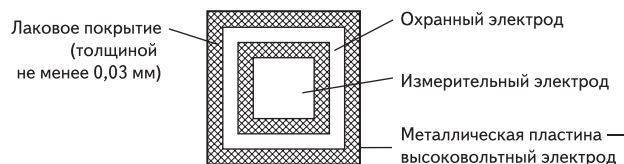


Рис. 2. Схема размещения электродов установки для определения тангенса угла диэлектрических потерь

Метод определения электрической прочности при переменном напряжении частотой 50 Гц (ГОСТ 6433.3-71)

На металлические пластины размером 100×100 мм нанесли по 2 слоя лака, высушили при комнатной температуре в течение 48 часов. Определили электрическую прочность в направлении, перпендикулярном поверхности образца, применив два цилиндрических электрода диаметром 25 мм с радиусом закругления 2,5 мм. Определение электрической прочности произвели при плавном подъеме напряжения: для каждого материала по 3 пластины, на каждой по 5 измерений, общее количество измерений для каждого материала равно 15. Напряжение повышали с нуля равномерно таким образом, чтобы пробой произошел в диапазоне от 10 до 20 с после начала подъема напряжения. Расчет электрической прочности произвели по формуле:

$$E_{пр} = U/t,$$

где U — пробивное напряжение, кВ; t — толщина образца в месте пробоя, мм.

Метод определения электрического сопротивления при постоянном напряжении (ГОСТ 6433.2-71)

На металлические пластины размером 100×100 мм нанесли по 2 слоя лака, высушили при комнатной температуре в течение 48 часов. Затем произвели измерения объемного сопротивления при испытательном напряжении 100 В. Производили по одному измерению на трех пластинах для каждого образца (рис. 1). Расчет удельного объемного электрического сопротивления произвели по формуле:

$$\rho_v = (\pi D^2/4t) \times R_v,$$

где D — диаметр электрода, t — толщина образца (покрытия), R_v — показания прибора.

Метод определения тангенса угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц (ГОСТ 6433.4-71)

На металлические пластины размером 100×100 мм нанесли по несколько слоев лака так, чтобы толщина покрытия была не менее 0,03 мм, высушили при комнатной температуре в течение 48 часов, наклеили электроды из алюминиевой фольги по схеме, указанной на рис. 2. Определение тангенса диэлектрических потерь произвели при напряжении 500 В по показаниям прибора (моста переменного тока Р-525) при температуре от 20 до 100 °С с шагом в 10 °С.

Результаты испытаний приведены в таблицах 2–4 и на рис. 3, 4.

Примечание. X (в табл. 3, 4). Испытание проводили в камере соляного (морского) тумана при температуре 27 ± 2 °С. Распыление раствора хлористого натрия производили в течение 15 минут каждые 45 минут. По окончании испытания образцы промывали в дистиллированной воде и просушивали. Общая продолжительность испытаний составила 10 суток. Для создания тумана был приготовлен раствор из расчета 33 ± 3 г хлористого натрия на 1 литр дистиллированной воды (по ГОСТ 4233-77). Дисперсность создаваемого в камере тумана — 1–10 мкм, водность — 2–3 г/м³.

Из полученных результатов видно, что даже не оптимальный способ получения покрытия, каким является сушка в естественных условиях, позволяет достичь параметров покрытия не хуже заявленных производителем, а в большинстве случаев — превосходящих их.

Улучшение характеристик образца, испытанного при повышенной температуре (и кажущееся неестественным), показывает, что

процесс полимеризации лака и отверждения покрытия не заканчивается через 48 часов, причем улучшение качеств покрытия по сравнению с исходным образцом оказывается таким, что даже компенсирует негативное влияние высокой влажности.

Из этого можно сделать вывод, что с точки зрения достижения максимальных характеристик не стоит пренебрегать рекомендованным производителем режимом сушки, а именно 30 минут при температуре 60...70 °С.

Кроме измерения электрических характеристик, определили водопоглощение образцов после выдержки в дистиллированной воде при 23 ± 2 °С по ГОСТ 4650-80.

Метод определения водопоглощения (ГОСТ 4650-80)

Сущность метода заключается в определении массы воды, поглощенной образцом в результате пребывания его в холодной воде в течение точно установленного времени при определенной температуре.

Перед испытанием образцы высушили в сушильном шкафу при температуре 50 ± 2 °С в течение 24 ± 1 ч, затем охладили и взвесили. Далее образцы погрузили в дистиллированную воду и выдержали при температуре 23 ± 2 °С в течение 24 ± 1 ч. После этого образцы извлекли из воды, вытерли фильтровальной бумагой и спустя не более 1 минуты взвесили. Массу воды, поглощенную образцом, вычисляли в процентах по формуле:

$$X = [(M_2 - M_1)/M_2] \times 100,$$

где M_1 — масса образца перед погружением в воду, M_2 — масса образца после извлечения из воды.

Результаты показали, что водопоглощение покрытия, полученного путем естественной

Таблица 2. Электрическая прочность

	Условия выдержки перед испытанием	Условия проведения испытания	Лаки	
			Cramolin Plastik	Cramolin Urethane Clear
В исходном состоянии, кВ/мм	48 ч T = 15...35 °С rH = 45–75 %	T = 15...35 °С rH = 45–75%	64	82
После выдержки в эксикаторе, кВ/мм	24 ч T = 23 ± 2 °С rH = 93 ± 2 %	T = 15...35 °С rH = 45–75%	53,3	56,6
После выдержки в эксикаторе, кВ/мм	24 ч T = 50 ± 2 °С rH = 93 ± 2 %	T = 15...35 °С rH = 45–75%	83,3	86,6
Электрическая прочность (после выдержки в солевой камере), кВ/мм	X	T = 15...35 °С rH = 45–75%	34,4	38,8

Примечание. НД на методы испытаний: ГОСТ 6433.3-71. Испытания образцов произвели при напряжении 500 В.

Таблица 3. Удельное объемное электрическое сопротивление

	Условия выдержки перед испытанием	Условия проведения испытания	Лаки	
			Cramolin Plastik	Cramolin Urethane Clear
В исходном состоянии, Ом·мм	48 ч T = 15...35 °С rH = 45–75%	T = 15...35 °С rH = 45–75%	1×10^{14}	$2,7 \times 10^{12}$
После выдержки в эксикаторе, Ом·мм	24 ч T = 23 ± 2 °С rH = 93 ± 2 %	T = 15...35 °С rH = 45–75%	$8,3 \times 10^{13}$	1×10^{12}
После выдержки в эксикаторе, Ом·мм	24 ч T = 50 ± 2 °С rH = 93 ± 2 %	T = 15...35 °С rH = 45–75%	$5,4 \times 10^{13}$	$1,2 \times 10^{13}$
После выдержки в солевой камере, Ом·мм	X	T = 15...35 °С rH = 45–75%	7×10^{13}	$1,3 \times 10^{13}$

Примечание. НД на методы испытаний: ГОСТ 6433.2-71. Испытания образцов произвели при напряжении 500 В.

Таблица 4. Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц

	Условия выдержки перед испытанием	Условия проведения испытания	Температура, °С	Лаки	
				Cramolin Plastik	Cramolin Urethane Clear
В исходном состоянии. Измерения проводились при температуре 20...100 °С с шагом в 10 °С	48 ч T = 15...35 °С rH = 45-75%	T = 15...35 °С rH = 45-75%	20	0,04	0,04
			30	0,06	0,05
			40	0,08	0,06
			50	0,09	0,07
			60	0,10	0,07
			70	0,13	0,08
			80	0,15	0,09
			100	0,17	0,10
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц (после выдержки в эксикаторе). Измерения проводились при температуре 20...100 °С с шагом в 10 °С	24 ч T = 23 ± 2 °С rH = 93 ± 2%	T = 15...35 °С rH = 45-75%	20	0,05	0,05
			30	0,08	0,06
			40	0,09	0,06
			50	0,09	0,07
			60	0,12	0,08
			70	0,14	0,09
			80	0,17	0,10
			100	0,19	0,10
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц. Измерения проводились при температуре 20...100 °С с шагом в 10 °С	24 ч T = 50 ± 2 °С rH = 93 ± 2%	T = 15...35 °С rH = 45-75%	20	0,04	0,04
			30	0,05	0,05
			40	0,07	0,05
			50	0,08	0,06
			60	0,08	0,07
			70	0,09	0,08
			80	0,10	0,08
			100	0,12	0,09
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 50 Гц (после выдержки в солевой камере). Измерения проводились при температуре 20...100 °С с шагом в 10 °С	X	T = 15...35 °С rH = 45-75%	20	0,06	0,06
			30	0,08	0,07
			40	0,09	0,08
			50	0,10	0,09
			60	0,13	0,09
			70	0,15	0,10
			80	0,18	0,14
			100	0,20	0,16
			20	0,23	0,18

Примечание. НД на методы испытаний: ГОСТ 6433.4-71.

Испытания образцов произвели при напряжении 500 В.

сушки, оказывается существенно выше, чем у отвержденного в рекомендованном режиме. Поэтому для применений, требующих низкого водопоглощения, следует считать режим сушки, рекомендованный производителем, необходимым для достижения оптимальных результатов.

Литература

1. ГОСТ 6433.1-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Условия окружающей среды при подготовке образцов и испытании». Постановление Госстандарта СССР от 24.05.1971 № 1000.

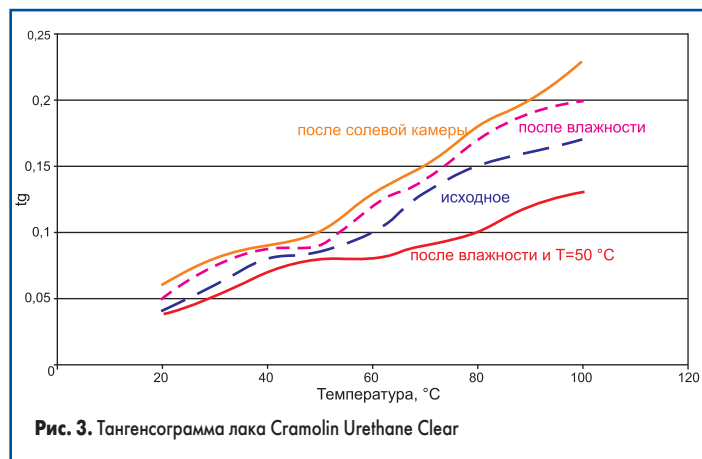


Рис. 3. Тангенсограмма лака Cramolin Urethane Clear

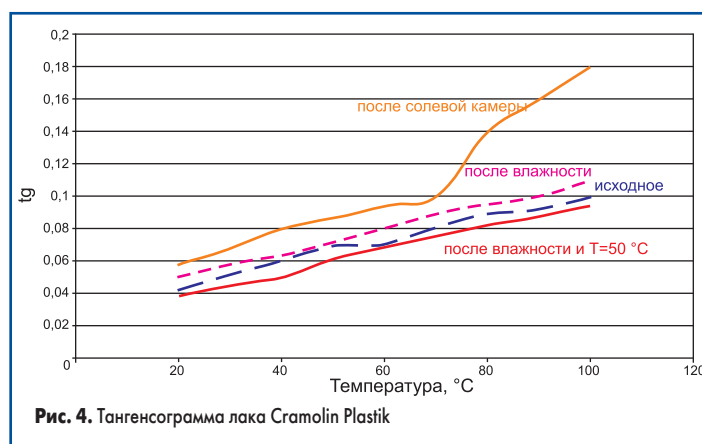


Рис. 4. Тангенсограмма лака Cramolin Plastik

- ГОСТ 6433.2-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрического сопротивления при постоянном напряжении». Постановление Госстандарта СССР от 24.05.1971 № 1001.
- ГОСТ 6433.3-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения электрической прочности при переменном (частоты 50 Гц) и постоянном напряжении». Постановление Госстандарта СССР от 24.05.1971 № 1002.
- ГОСТ 6433.4-71 «Материалы электроизоляционные твердые. Методы определения тангенса угла диэлектрических потерь и диэлектрической проницаемости при частоте 50 Гц». Постановление Госстандарта СССР от 24.05.1971 № 1003.
- ГОСТ 4650-80 «Пластмассы. Методы определения водопоглощения». Постановление Госстандарта СССР от 18.12.1980 № 5882.
- Карта безопасности химического вещества в соответствии с правилами 91/155 EC & 93/112 EWG и Карта технических характеристик вещества Cramolin Urethane Clear. Опул. в ITW Chemische Produkte GmbH. 15.03.2003.
- Карта безопасности химического вещества в соответствии с правилами 91/155 EC & 93/112 EWG и Карта технических характеристик вещества Cramolin Plastik. Опул. в ITW Chemische Produkte GmbH. 01.04.2003.