

УДК 537.24

Увеличение поверхностной проводимости конструкционных материалов

Степанова Т.Ю., канд. техн. наук

Исследовано влияние антистатических препаратов на физико-механические свойства конструкционных материалов. Установлено, что наилучшим антистатическим эффектом обладает полиэтиленгликоль.

Ключевые слова: удельное поверхностное сопротивление, антистатики, электролит, электризуемость.

Increasing Surface Conductance of Constructional Material

T.Yu. Stepanova, Candidate of Engineering

The author researches into the influence of anti-static preparations on physical and mechanical properties of constructional material. The author proves that polyethylene glycol has the best antistatic effect.

Key words: surface resistivity, antistatic agents, electrolyte, electrizability.

Увеличивающиеся объемы производства новых конструкционных материалов с самыми разнообразными свойствами, интенсификация технологических процессов заставляют обратить внимание на явление электризации, существенно влияющее на течение производственных процессов.

При переработке диэлектрических материалов или при использовании диэлектрических конструкционных материалов технологический процесс чаще всего нарушается вследствие образования сильных электрических полей. Если в поле находятся мелкодисперсные материалы (пыль, нити, тонкие пленки), то кулоновские силы обычно направлены против действия механических сил. Помехи проявляются лишь при образовании на поверхности перерабатываемого материала зарядов с плотностью выше определенной величины. Такие помехи наблюдаются в производстве синтетических нитей.

При переработке нитей возникают электрические заряды в результате контакта волокон со стенками оборудования. Заряженные волокна притягиваются заземленными металлическими частями машины, что приводит к уменьшению скорости переработки и браку продукции.

Исследования [1] показывают, что синтетические нити прилипают к металлическим деталям оборудования, если поверхностное электростатическое сопротивление (ПЭС) материала составляет 10^{12} – 10^{13} Ом.

Способность электростатических зарядов удерживаться на поверхности полимерных материалов зависит от удельного поверхностного сопротивления последних. Заряды можно отводить, уменьшая поверхностное сопротивление изоляторов. Это достигается путем применения антистатических, гигроскопических и поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Гигроскопические антистатики образуют на поверхности диэлектриков пленку электролита. Как составные части препаратов с антистатическим действием употребляются многоатомные спирты (гликоль, глицерин) и низкомолекуляр-

ные полигликолевые эфиры. Неорганические соли (CaCl_2 , LiCl , MgCl_2) также обладают антистатическими свойствами. Однако они вызывают коррозию производственного оборудования и перерабатываемого материала.

Поверхностно-активные вещества по принципу антистатического действия разделяются на четыре группы: анионоактивные, катионоактивные, амфотерные и неионогенные.

Анионо- и катионоактивные ПАВ называют также коллоидными электролитами, так как они диссоциируют в воде.

Соединения амфотерного характера также относятся к коллоидным электролитам. Амфотерные соединения нельзя смешивать с электронейтральными, которые образуются при взаимодействии катионоактивных соединений с анионоактивными. Электронейтральные соединения не диссоциируют и обычно не растворимы в воде.

В качестве растворителей ПАВ используют этиловый спирт, бензол, этанол, дихлорэтан, диметилформальдегид и воду. Установлено [1–3], что на величину поверхностного сопротивления оказывает влияние структура полимера, тип ПАВ, растворитель, в котором антистатик наносится на поверхность диэлектрика, и концентрации ПАВ в растворителе. Поэтому для каждого вида диэлектрика экспериментально устанавливаются наиболее эффективные ПАВ.

Исследовалось действие различных ПАВ при поверхностном нанесении на полиэфирные бесконечные нити. Композиции ПАВ наносили контактным способом на полиэфир с помощью рифленого валика.

В качестве антистатиков применяли препарат ОС–20, Авиваж НТП, полиэтиленгликоль, Стеарокс–6, а в качестве растворителя – воду.

Исследовано влияние антистатических препаратов на электростатические и физико-механические свойства полиэфирных бесконечных нитей. Повышение концентрации антистатики в рабочем растворе позволяло существенно снизить электризуемость полиэфира (рис. 1).

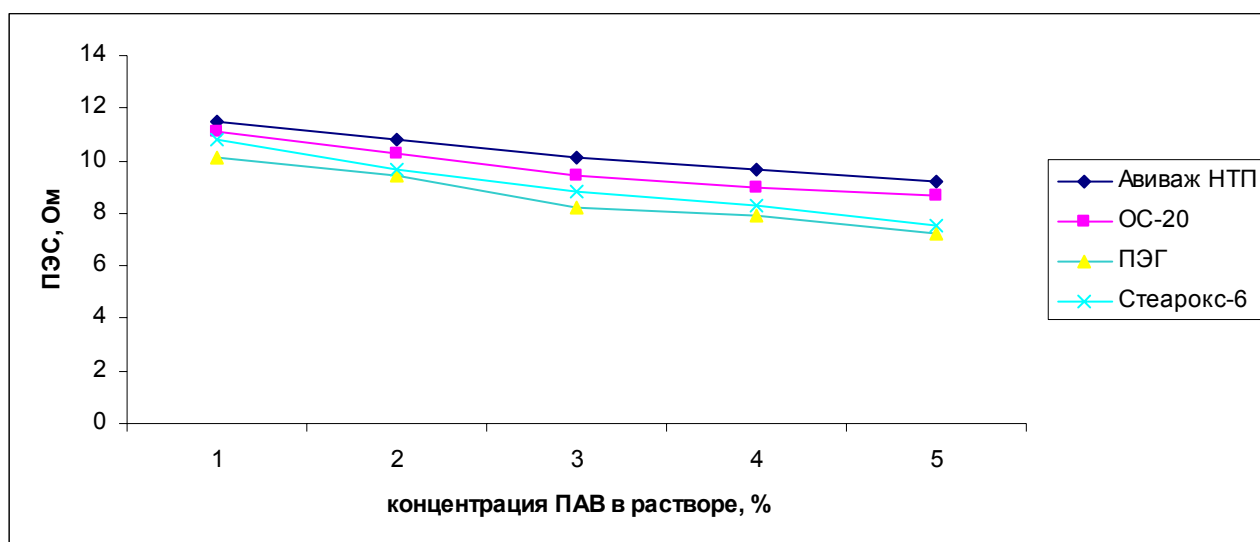


Рис. 1. Зависимость поверхностного электростатического сопротивления материала от концентрации ПАВ

Анализ графиков (рис. 1) показывает, что увеличение концентрации ПАВ в растворе больше 3 % незначительно увеличивает поверхностную проводимость материала. Поэтому для обработки материала рекомендуется концентрация ПАВ в растворах 1–3 % (см. таблицу).

Удельное электрическое сопротивление полиэфирной нити определяли по ГОСТ 22227.

Пробы (в количестве 10 штук) перед испытанием выдерживают в климатических условиях по ГОСТ 10213. В этих же условиях проводят испытания на приборе типа ИЭСТВ–1М, который состоит из экранирующей камеры и измерительного прибора тераомметра.

Производят прогрев и калибровку тераомметра, затем проверяют изоляцию прибора. Сопротивление изоляции должно быть не менее 10^{13} Ом. Допускается меньшее значение при условии, что сопротивление изоляции не

менее чем на два порядка больше величины измеряемого сопротивления.

При несоблюдении указанных условий для повышения сопротивления изоляции перед началом работы производят чистку поверхностей изолятора датчика этиловым спиртом.

Заправляют элементарную пробу волокна в датчик и устанавливают его вертикально в экранирующую камеру на контактную электрическую опору.

Закрывают крышку экранирующей камеры и измеряют электрическое сопротивление. Для этого ручку переключателя диапазонов измерительного прибора поворачивают по часовой стрелке до остановки стрелки прибора в рабочей части его шкалы. Затем включают секундомер и по истечении 15 с снимают показания прибора (рис. 2).

Влияние антистатиков на физико-механические свойства полиэфирных бесконечных нитей

№ п/п	Рецепт, %	ПЭС, Ом	Динамический коэффициент трения по металлу	Разрывная нагрузка, гс
1	Необработанная пряжа	$2,59 \cdot 10^{13}$	0,320	480
2	ОС–20 – 1	$1,31 \cdot 10^{11}$	0,231	610
3	ОС–20 – 2	$3,81 \cdot 10^9$	0,228	596
4	ОС–20 – 3	$7,54 \cdot 10^8$	0,226	581
5	Авиваж НТП – 1	$5,13 \cdot 10^{11}$	0,300	520
6	Авиваж НТП – 2	$1,12 \cdot 10^{10}$	0,295	518
7	Авиваж НТП – 3	$2,78 \cdot 10^9$	0,292	503
8	Полиэтиленгликоль–1	$1,73 \cdot 10^{10}$	0,239	600
9	Полиэтиленгликоль–2	$1,89 \cdot 10^8$	0,234	581
10	Полиэтиленгликоль–3	$3,51 \cdot 10^7$	0,228	573
11	Стеарокс–6 – 1	$4,12 \cdot 10^{10}$	0,233	585
12	Стеарокс–6 – 2	$1,15 \cdot 10^8$	0,229	570
13	Стеарокс–6 – 3	$4,32 \cdot 10^7$	0,227	565



Рис. 2. Фотография прибора типа ИЭСТВ–1М: 1 – экранирующая камера с датчиком; 2 – измерительный прибор тераомметр

Среднее значение электрического сопротивления R вычисляют по формуле

$$R = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{n} = \frac{\sum R_n}{n}, \quad (1)$$

где R_1, R_2, \dots, R_n – фактические значения электрического сопротивления элементарных проб волокна, Ом; n – число измерений.

Вычисление производят с точностью до трех и округляют до двух значащих цифр первого сомножителя.

Удельное поверхностное электрическое сопротивление ζ , Ом, вычисляют по формуле

$$\zeta = \frac{K}{\gamma^2 \cdot \sqrt{T \cdot \gamma}} R, \quad (2)$$

где K – коэффициент, связанный с конструкцией датчика и массой пробы (для прибора ИЭСТВ–1М $K = 903,5 \text{ г}^3/\text{мм}^8$); γ – плотность полиэфирного волокна (лавсан, $1,38 \text{ мг}/\text{мм}^2$); T – номинальная линейная плотность волокна, текс; R – среднее значение электрического сопротивления, Ом.

Вычисления производят с точностью до трех и округляют до двух значащих цифр после запятой.

Динамический коэффициент трения определяли на приборе ТКИ–4–26–1 фирмы «Метримекс». Принципиальная схема прибора показана на рис. 3.

От электромотора через червячную передачу и ряд шкивов получает вращение валик 1 (скорость вращения 22 об/мин), на который параллельно его оси накладывается нить. К обоим концам нити подвешивают грузики 3 и 4 одинаковой массы 100 мг. Грузик 4 надевают на крючок торсионных весов. При вращении валика между ним и нитью возникает трение, в результате которого грузик 4 давит на крючок и выводит весы из равновесия. Передвигая стрелку весов, находят положение, при кото-

ром равновесие восстанавливается, и регулируют соответственно этому положению показания торсионных весов P . Валик с перекинутой через него нитью и подвешенными на нее грузиками можно рассматривать как шкив ременной передачи. Тогда вес грузика 4 – сила, вызывающая натяжение T_1 ведущей ветви передачи, а натяжение T_0 ведомой ветви будет равно $T_1 - P$.

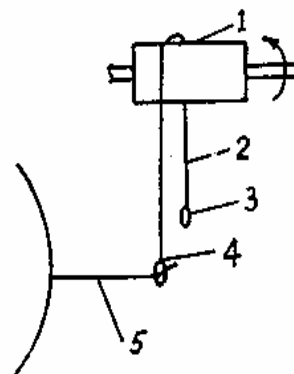


Рис. 3. Принципиальная схема прибора: 1 – валик; 2 – волокно; 3,4 – грузики; 5 – крючок торсионных весов

Коэффициент трения для ременной передачи вычисляют по формуле Эйлера:

$$\frac{T_1}{T_0} = e^{f\alpha}. \quad (3)$$

Из этого следует

$$f = \frac{\ln T_1 / T_0}{\alpha}, \quad (4)$$

где α – угол обхвата, выраженный в радианах.

В нашем случае $\alpha = \pi$ и, следовательно,

$$f = \frac{\ln T_1 / T_0}{\pi}. \quad (5)$$

Показания торсионных весов регистрируются через 3 мин после начала вращения валика 1. Количество испытаний – 30.

Разрывную нагрузку полиэфирной нити определяли на разрывной машине типа РМ–3 по ГОСТ 10213–2.

Экспериментально установлено, что все антистатические вещества эффективно снижают удельное поверхностное сопротивление на 3–6 порядков. Повышение концентрации ПАВ в растворе с 1 до 3 % позволяет снизить поверхностное электростатическое сопротивление полиэфирной бесконечной нити на 2–3 порядка.

Однако повышение концентрации антистатических веществ на полиэфирном материале вызывает снижение разрывной нагрузки нити в среднем на 4 %. Антистатическая обработка также позволяет снизить коэффициент трения полиэфирной бесконечной нити по металлу в среднем на 18 %.

Заключение

Полное устранение электризации наблюдалось при концентрации ПАВ 2–3 %. По влиянию на снижение удельного поверхностного сопротивления полиэфирной нити, ис-

Степанова Татьяна Юрьевна,
Ивановский химико-технологический университет,
кандидат технических наук, доцент кафедры механики,
телефон 8-910-991-17-80,
e-mail: liza_shpenkova@mail.ru

следуемые антистатические препараты можно расположить следующим образом: Ави-важ НТП < ОС–20 < Стеарокс–6 < полиэтиленгликоль.

Полиэтиленгликоль хорошо растворяется в холодной воде, по сравнению с другими препаратами, и обладает наилучшими антистатическими свойствами. Антистатический эффект на полиэфирных нитях сохранялся при хранении в течение года. Поэтому полиэтиленгликоль можно рекомендовать для увеличения поверхностной проводимости конструкционного материала.

Список литературы

1. **Статическое** электричество в химической промышленности. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Под ред. Б.И. Сажина. – Л.: Химия, 1977.
2. **Статическое** электричество в химической промышленности / Под ред. И.Г. Дроздова. – Л.: Химия, 1971.
3. **Пакшвер А.Б.** Физико-химические основы технологии химических волокон. – М.: Химия, 1972.