

# Пластификаторы и другие дополнительные исходные материалы

*Пластификаторами (в отличие от растворителей) называются вещества, представляющие собой нелетучие жидкости, сохраняющиеся в пленке после высыхания и сообщающие ей эластичность.*

Пластификаторы могут растворять пленкообразующие вещества, а могут не растворять. В последнем случае их называют пластификаторы-разбавители, или размягчители. Сущность процессов пластификации пленкообразующих веществ заключается:

- в действии пластификатора как нелетучего активного растворителя;
- в функции пластификатора, аналогичной процессу смазки.

Растворяющие (желатинизирующие) пластификаторы оказывают отрицательное влияние на механические и электрические свойства пленок, наряду с этим растет их пластичность и растяжимость. Нерастворяющие (нежелатинизирующие) пластификаторы выполняют чисто механическую роль, облегчая взаимное скольжение частиц между собой. Для получения однородной пленки необходимо, чтобы пластификатор совмещался с пленкообразующим веществом. Некоторые виды пластификаторов могут быть использованы как смолы, например полиэфирные смолы, резины и др.

## Дибутилфталат (C<sub>16</sub>H<sub>22</sub>O<sub>4</sub>), (ГОСТ 8728–66)

Сложный эфир нормального бутилового спирта и ортофталевой кис-

лоты. Бесцветная или слегка желтоватая жидкость удельного веса 1,046–1,047, с температурой кипения 340°C. Применяется для эфиров целлюлозы, полиэфирных и эпоксидных смол, смешивается с маслами и углеводородами, дает пластичные пленки и композиции.

## Трикрезилфосфат (C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>CH<sub>3</sub>)PO<sub>4</sub> (ГОСТ 5728–51)

Сложный эфир трикрезола и ортофосфорной кислоты. Бесцветная жидкость без запаха, имеющая низкую светостойкость (пленка быстро желтеет). Удельный вес 1,179, температура кипения 180–275°C. Применяется как пластификатор для поливинилхлорида, нитроцеллюлозы и других композиций.

## Трифенилфосфат (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>)<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (ТУМХП 637–47)

Сложный эфир фенола и ортофосфорной кислоты. Белые кристаллы без запаха. Удельный вес 1,185, температура плавления 49°C, температура кипения 260°C. Применяется, в основном, как пластификатор для ацетилцеллюлозы и других композиций.

В последнее время стали применяться эфиры адипиновой и себациновой кислот, дибутиловый, диакриловый и др.

Для изготовления эпоксидных компаундов в качестве пластификаторов широко применяются, кроме упомянутых выше, и такие вещества, как жидкий тиокол, полиэфир №220 и другие полиэфирные. Часто жидкие (низкомолекулярные) пластификаторы добавляют для снижения вязкости компаундов, но они не являются активными разбавителями и могут легко улетучиваться из пленкообразующих соединений.

Кроме описанных выше пластификаторов, в производстве электроизоляционных лаков и компаундов применяются еще целый ряд дополнительных исходных материалов, к которым относятся активные разбавители, отвердители, катализаторы (инициаторы), ускорители (активаторы) и ингибиторы. Физико-химические свойства важнейших из них приведены в табл. 1.

## Стирол (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CH=CH<sub>2</sub>) – винилбензол, фенилэтилен (ГОСТ 10003–67)

Бесцветная жидкость, в присутствии стабилизатора допускается слабо-желтая окраска. Имеет специфический запах. Получается парафазным дегидрированием этилбензола. Содержание основного вещества 99,6–99,8%. Показатель преломления при 20°C 1,546–1,547. Применяется в производстве электроизоляционных компаундов в качестве компонента и активного разбавителя.

## Перекись бензоила (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>CO)<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, СТУ 12–10–303–64

Белые или слегка желтоватые гранулы размером 2–5 мм. Получается окислением хлористого бензоила перекисью водорода в щелоч-

Таблица 1

| Наименование      | Внешний вид  | Молекулярная масса | Плотность, г/см | Температура плавления, °С | Температура кипения, °С | Назначение              |
|-------------------|--|--------------------|-----------------|---------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Дибутилфталат     | Бесцветная или слегка желтоватая маслянистая жидкость                                    | 278,34             | 1,046           |                           | 340                     | Пластификатор           |
| Трикрезилфосфат   | Бесцветная, прозрачная однородная маслянистая жидкость без видимых механических примесей | 368,36             | 1,17            |                           | 275–280                 | Пластификатор           |
| Трифенилфосфат    | Белые кристаллы без запаха   | 326                | 1,185           | 49                        | 260                     | Пластификатор           |
| Стирол            | Бесцветная жидкость со специфическим запахом   | 104,14             | 0,906           | –30,6                     | 145                     | Активный разбавитель    |
| Перекись бензоила | Белые или слегка желтоватые гранулы размером 2–5 мм                                      | 242,08             |                 | 98                        |                         | Катализатор (инициатор) |
| Диметиланилин     | Жидкость от светло-желтого до желтого цвета  | 121,18             | 0,955–0,958     | 1,8–2                     | 193–195                 | Ускоритель (активатор)  |
| Гидрохинон        | Кристаллы белого, серого или светло-коричневого цвета                                    | 110,05             | 1,324           | 170–175                   | 285                     | Ингибитор               |
| Хингидрон         | Темно-зеленые кристаллы с металлическим блеском  | 218,21             |                 |                           |                         | Ингибитор               |

Таблица 2

| Содержание, %             | Сорт I      | Сорт II     |
|---------------------------|-------------|-------------|
| Диметиланилин, не более   | 99          | 99          |
| Монометиланилин, не более | 0,4         | 1,1         |
| Вода, не более            | 0,1         | 0,1         |
| Анилин                    | Отсутствует | Отсутствует |

ной среде. Перекись бензоила является огнеопасным веществом, способным взрываться при ударе, нагревании или трении, при попадании брызг серной кислоты может воспламениться. Содержание перекиси бензоила в сухом продукте не менее 96 %. Влага 20–35%. Температура плавления сухого продукта не ниже 98°C. Применяется как катализатор реакции полимеризации в производстве электроизоляционных компаундов.

**Диметиланилин (C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>N(CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>), ГОСТ 2168–71**

Маслянистая прозрачная жидкость от светло-желтого до желтого цвета. Получается из анилина и метилового спирта. Процентное содержание компонентов для различ-

Таблица 3

| Содержание, %                   | Марка А | Марка Б |
|---------------------------------|---------|---------|
| Гидрохинона                     | 99      | 99      |
| Железа, не более                | 0,002   | 0,02    |
| Тяжелых металлов (Pb), не более | 0,002   | 0,002   |

Таблица 4

| Показатель   | Литопон (ГОСТ 907–53) | Титановые белила (ГОСТ 9808–65) |                        |                        | Окись цинка (ГОСТ 202–62) |            |           |            | Сурик железный (ГОСТ 8135–62)       | Пирролюзит (ТУ НКХП 384–45) | Сажа (ГОСТ 7885–68) |          |
|--|-----------------------|---------------------------------|------------------------|------------------------|---------------------------|------------|-----------|------------|-------------------------------------|-----------------------------|---------------------|----------|
|  |                       | T–M                             | T–1                    | T–2                    | M–1                       | M–2        | M–3       | M–4        |                                     |                             | Печная              | Ламповая |
| Плотность, г/см <sup>2</sup>   | 4,2                   |                                 | ≈4                     |                        |                           | 5,5        |           |            | 3,8                                 |                             |                     |          |
| Содержание основного вещества, %, не   | 29,0 (ZnS)            | 98 (TiO <sub>2</sub> )          | 98 (TiO <sub>2</sub> ) | 98 (TiO <sub>2</sub> ) | 99,5 (ZnO)                | 99,0 (ZnO) | 9,0 (ZnO) | 99,0 (ZnO) | 75 (F <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) | 70 (MnO <sub>2</sub> )      |                     |          |
| Содержание окиси цинка, %, не более  | 1,75                  |                                 |                        |                        |                           |            |           |            |                                     |                             |                     |          |
| Укрывистость, г/м <sup>2</sup> , не более                                    | 120                   |                                 |                        |                        |                           |            |           |            |                                     |                             |                     |          |
| Остаток при мокром просеве через сито с 10000 отверстий на 1 см <sup>2</sup> | 1,5                   |                                 |                        |                        |                           |            |           |            |                                     |                             |                     |          |
| Остаток на сите с 49 000 отверстий на 1 см <sup>2</sup> , %, не более        |                       | 0,5                             | 0,75                   | 1                      | 0,3                       | 1          | 1,5       | 0,5        |                                     |                             | 0,02 на сите 0,16   | 0,005    |
| Влажность, %, не более   | 0,5                   | 0,6                             | 0,6                    | 0,75                   |                           |            |           |            | 3                                   |                             | 0,5                 | 0,5      |
| Летучих, %, не более   |                       |                                 |                        |                        |                           |            |           |            |                                     |                             | 0,5                 | 0,1      |

ных марок приведено в таблице 2. Весьма токсичен, действует на нервную систему и кровь. Горюч, температура воспламенения паров 37–90°C. Применяется

в качестве ускорителя реакции полимеризации в производстве электроизоляционных компаундов.

**Гидрохинон парадиоксибензол [C<sub>6</sub>H<sub>4</sub>(OH)<sub>2</sub>], ГОСТ2549–60**

Однородный кристаллический порошок или кристаллы белого, серого или светло-коричневого цвета. Получается окислением анилина и последующим восстановлением образующегося хинона до гидрохинона. Процентное содержание компонентов гидрохинона для различных марок приведено в таблице 3.

**Пигменты**

Пигменты, применяемые для изготовления покровных электроизоляционных эмалей, представляют собой высокодисперсные неорганические вещества, соли или окислы металлов, назначение которых – придание лаковой пленке твердости, плотности и механическую прочность, а также повышение ее атмосферной коррозионной стойкости с обеспечением требуемой окраски. Неорганический пигмент, вводимый в лак, не является абсолют-

но инертным наполнителем по отношению к пленкообразующим веществам. В процессе образования лаковой пленки компоненты, входящие в состав пленкообразующих веществ, в какой-то степени реагируют с пигментом, причем возникают сложные физико-химические процессы, в результате которых образуется плотная, твердая лаковая пленка. Таким образом, пигментированные лаки или эмали можно рассматривать как композицию неорганического наполнителя, химически и механически связанного с органической основой лака. Важным техническим свойством пигмента являются его укрывистость, степень дисперсности, маслосмолоспособность, а также взаимное влияние пигмента наполнителя и пленкообразующего. В производстве электроизоляционных эмалей наиболее широкое распространение нашли литопон, цинковые и титановые белила, железный сурик, пиролюзит и, для полупроводящих лаков, специальные сорта сажи и коллоидный графит (таблица 4).

**Литопон** представляет собой сухой белый пигмент, состоящий из смеси сернистого цинка ZnS и сернокислого бария BaSO<sub>4</sub>. Титановые белила (TiO<sub>2</sub>) – белый пигмент, представляющий собой двуокись титана. Различают три марки титановых белил: Т-М, Т-1 и Т-2.

**Цинковые белила, или окись цинка**, получают окислением цинка

при высокой температуре в муфельных печах. В зависимости от дисперсности цинковые белила выпускаются четырех марок: М-1, М-2, М-3 и М-4.

**Сурик железный** – пигмент кирпично-красного цвета, добывается из железной руды путем ее переработки, которая заключается в обжиге и отмучивании.

**Пиролозит**, или перекись марганца, встречается в природе в виде руды, а также получается искусственным путем. Представляет собой куски или зерна почти черного цве-

та (с темно-коричневым оттенком). Качество его определяется содержанием перекиси марганца ( $MnO_2$ ) в продукте, которое должно быть не менее 70%.

Сажа – тонкий порошок или гранулированный продукт аморфного углерода черного цвета, продукт неполного сгорания или термического разложения газообразных, жидких или твердых углеводородов или их смеси. Сажа вырабатывается различных марок. Для производства полупроводящих лаков применяется сажа форсуночная марок А и Б,

сажа печная газовая ДГ-100 или ламповая.

**Наполнители**

Наполнители представляют собой порошкообразные или волокнистые материалы, главным образом неорганические, которые вводятся в компаунд или лак с целью уменьшения усадки при отверждении, для увеличения теплопроводности, уменьшения термического коэффициента, увеличения механической прочности, а также снижения стоимости. Наиболее широ-

Таблица 5

| Показатель в %  | Кварц молотый пылевидный (ГОСТ 9077-59) |                |                | Тальк молотый, марка А (ГОСТ 879-52) |                | Сажа белая (ВТУ-УХ-Л1-115-59) | Мел сепарированный (ГОСТ 842-52), марка |                 |
|---|---|----------------|----------------|--------------------------------------|----------------|-------------------------------|---|-----------------|
|   | КП-1                                    | КП-2           | КП-3           | Сорт 1                               | Сорт 2         |                               | А                                       | В               |
| Содержание основного вещества, не менее                       | 98 ( $SiO_2$ )                          | 98 ( $SiO_2$ ) | 98 ( $SiO_2$ ) |                                      |                |                               | 98,5 ( $CaCO_3$ )                       | 98 ( $CaCO_3$ ) |
| Содержание влаги, не более                                    | 2                                       | 2              | 2              | 0,5                                  | 0,5            | 6,5                           | 0,2                                     | 0,2             |
| Содержание железа металлического, не более                    | 0,05                                    | 0,05           | Не нормируется |                                      |                |                               |   |                 |
| Остаток на сите 0,16  | 1                                       | 2              | 1              |                                      |                | 0,02                          | 0,005                                   | 0,5             |
| Остаток на сите 0,10  | 2,5                                     | 5              | 2,5            |                                      |                |                               |   |                 |
| Остаток на сите 0,063   | 10                                      | 10             | 10             |                                      |                |                               |   |                 |
| Прокаленный нерастворимый в соляной кислоте остаток, не менее |   |                |                | 87                                   | Не нормируется |                               |   |                 |
| Содержание нерастворимых в соляной кислоте, не более          |   |                |                |                                      |                |                               | 0,8                                     | 1,3             |

Таблица 6

| Показатель  | Марка  |                |                |
|---|--|----------------|----------------|
|   | С-1  | С-2            | С-3            |
| Содержание золы в %, не более   | 1,5  | 2              | 2,5            |
| Содержание в золе нерастворимых в соляной кислоте веществ в пересчете на коллоидно-графитовый препарат, %, не более | 0,8  | 1              | 1,3            |
| Абразивные свойства   | При растирании в течение 15 с между двумя стеклянными пластинками на их поверхности не должно образовываться царапин |                |                |
| Размер частиц, мкм, не более  | 4  | 15             | 30             |
| Остаток после просева на сите 0,063, %, не более  | 0,5  | 0,5            | Не нормируется |
| Содержание влаги, %, не более   | 0,5  | 0,5            | 0,5            |
| Уменьшение концентрации графита в водной суспензии после отстаивания в течение 1ч, %, не более                      | 40   | Не нормируется | Не нормируется |

кое распространение получили следующие материалы: кварц молотый пылевидный (маршалит), тальк, сажа белая, мел, молотая слюда, асбестовое и стеклянное волокно и другие (таблица 5).

**Кварц молотый пылевидный** ( $SiO_2$ ) изготавливается способом помола чистого кварцевого (стекольного) песка до тонкодисперсного состояния. В зависимости от физико-химических свойств различают три марки кварца: КП-1, КП-2 и КП-3. Для залывочных и обмазочных компаундов применяется кварц КП-1 и КП-2.

**Тальк молотый** представляет собой продукт механического измельчения горной породы талькита, основным компонентом которого является минерал тальк ( $4SiO_2 \cdot 3MgOH_2O$ ). Выпускается двух сортов, которые применяются в качестве наполнителей для за-

ливочных и обмазочных компаундов.

**Сажа белая** – осажденный и высушенный гидрат двуокиси кремния ( $\text{SiO}_2$ ), применяется для эмали К–59 и др.

**Мел** ( $\text{CaCO}_3$ ) представляет собой сепарированный порошкообразный продукт, получаемый из природного мела путем его дробления, суш-

ки, размола и отвеивания в воздушных сепараторах. Сепарированный мел выпускают двух марок: А и Б.

**Графит коллоидный** представляет собой коллоидно-графитовый препарат на основе высокодисперсного малозольного сухого искусственного графита. Применяется в качестве наполнителя для получения композиций с пониженным элек-

трическим сопротивлением. В зависимости от размера частиц графит выпускается трех марок: С-1, С-2 и С-3 (таблица 6).

**Александр Воробьев,**  
alex@hit.mldnet.com