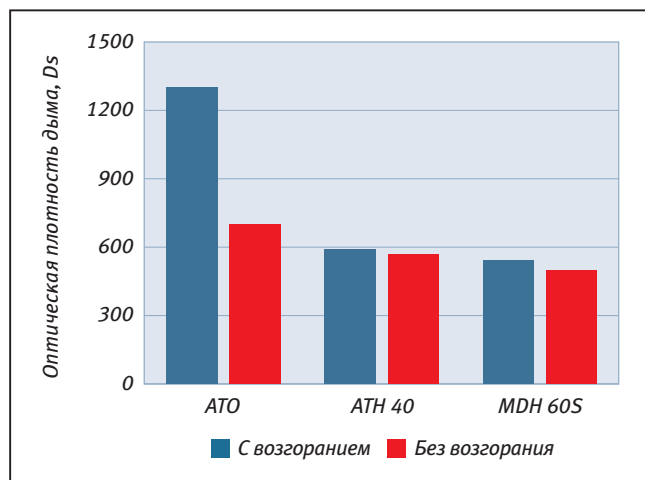


В жилых помещениях, офисах, промышленных зданиях используется огромное количество проводов и кабелей, ведь по ним передаются электрическая энергия и сигналы различного типа. Поэтому профилактическая противопожарная защита кабелей приобретает все большее значение в течение последних сорока лет. Огнеупорные составы (также именуемые огнестойкими добавками, ингибиторами горения и антипиренами) позволяют создавать полимерные оболочки, используемые для электрической изоляции и механического предохранения проводников от возгорания и распространения пламени

Ибрагим КАМ, должность, Анника ЛУКС, доктор, должность, Райнер САУЭРВАЙН, доктор, должность компании Nabaltec AG (Германия)

Рисунок 1. Плотность дыма при горении ПВХ-компаундов с огнеупорными свойствами



## Огнеупорные добавки для кабелей

### Огнеупорные добавки на минеральной основе

Существуют различные технологии производства огнестойких кабельных компаундов. Оптимальная рецептура для конкретной задачи зависит от большого числа факторов — главным образом от требуемого набора свойств конечного изделия, а также от подходящих базовых полимеров, используемых огнезащитных добавок и имеющихся технологий компаундирования и экструзии.

На протяжении многих лет наиболее важную роль в качестве огнестойких добавок для кабельной промышленности играли гидраты металлов, особенно тригидрат алюминия  $Al(OH)_3$  (ATH) и дигидроксид магния  $Mg(OH)_2$  (MDH).

При повышенных температурах металлогидраты высвобождают воду в эндотермической реакции, которая задерживает разрушение полимера. Высвобожденная вода охлаждает поверхность материала и разбавляет горючие газы. Остаток реакции разложения — оксид алюминия — защищает полимер от теплового воздействия и адсорбирует продукты его разложения, а также частицы сажи, уменьшая плотность дыма.

Применимость того или иного минерального антипирена зависит от температур компаундирования и экструзии. Например, при использовании тригидрата алюминия температура при переработке компаунда не должна превышать  $190^\circ C$ , а дигидроксида магния —  $300^\circ C$  во избежание разложения антипирена.

### Кабельные компаунды на основе ПВХ

В состав кабельных компаундов на основе ПВХ часто входит триоксид сурьмы (ATO), обладающий синергетическими огнеупорными свойствами по отношению к хлору в цепочке ПВХ. Тем не менее по причине механизма действия ATO и хлора при возгорании ПВХ-компаунда

с содержанием ATO образуется большое количество дыма (рис. 1).

Для сокращения выделения дыма могут применяться такие огнестойкие добавки, как ATH и MDH — совместно с ATO или вместо него. Характерные свойства компаундов, содержащих ATO, ATH или MDH в качестве ингибиторов горения, приведены в табл. 1.

Как видно из табл. 1, при использовании вместо триоксида сурьмы гидратов металлов требуется добавлять последние в повышенном количестве, что негативно влияет на механические свойства компаундов — прочность на разрыв и относительное удлинение при разрыве.

Одно из основных преимуществ гидратов металлов по сравнению с ATO хорошо демонстрирует рис. 1, на котором сравниваются результаты испытания в камере на задымленность по стандарту ASTM E 662 в режимах с горением и без горения. ATH и MDH значительно сокращают плотность дыма горящих ПВХ-компаундов. Поэтому они могут использоваться для производства не только стандартных ПВХ-компаундов пониженной горючести, но и компаун-

| № компаунда   | 1 (5 частей АТО на 100 частей ПВХ) | 2 (50 частей АТН 40 (Arygal® 40CD) на 100 частей ПВХ) | 3 (50 частей МДН 60S (Arytag® 60S) на 100 частей ПВХ) |
|---|------------------------------------|---|---|
| Прочность на разрыв, МПа  | 16,5                               | 13,8  | 11,5  |
| Относительное удлинение при разрыве, %                                  | 210                                | 230   | 170   |
| Объемная скорость потока расплава (MVR), см³/10 мин. при 160°C, 21,6 кг | 10,9                               | 11,2  | 12,2  |
| Индекс предельного окисления (LOI), % O <sub>2</sub>                    | 30                                 | 30  | 29  |

**Таблица 1. Свойства компаундов на основе ПВХ с различными огнеупорными добавками**

дов пониженной горючести с низким дымовыделением (LSFR).

### Галоген-безопасные пожаростойчивые компаунды

Еще один класс компаундов для кабельной промышленности представляют галоген-безопасные пожаростойчивые кабельные компаунды (HFFR). Поскольку принцип действия АТН основан на физических эффектах, для соблюдения наиболее строгих стандартов огнестойкости, как правило, требуется наполнять компаунд этим антипиреном до очень высокого уровня. Содержание АТН в HFFR-компаундах варьируется от 50 до 70% по массе, в зависимости от требований к конечной продукции [2].

Для производства HFFR-компаундов могут использоваться смеси на основе ПЭ или этиленвинилацетата (EVA) с содержанием АТН

свыше 60% по массе. Кроме того, распространены технологии на базе эластомеров и термоэластопластов с содержанием гидратов металлов.

Свойства HFFR-компаундов на основе термопластичного EVA с различными АТН сравниваются в таблице 2. Используемые марки АТН отличаются размером частиц и удельной площадью поверхности, что оказывает существенное влияние на характеристики конечной продукции [2].

При повышении удельной площади поверхности минерального антипирена улучшаются прочность на разрыв и индекс предельного окисления компаундов, в то время как удлинение при разрыве и MVR (показатель поведения компаунда при экструзии) ухудшаются. Эти тенденции изменения свойств компаундов можно определить для различных полимерных матриц. Таким образом, оптимизированные

| № компаунда   | 4 (содержание 61,3% АТН 40 (Arygal® 40CD) по массе) | 5 (содержание 61,3% АТН 60 (Arygal® 60CD) по массе) | 6 (содержание 61,3% АТН 120 (Arygal® 120E) по массе) |
|---|---|---|--|
| Прочность на разрыв, МПа  | 12,6  | 15  | 17,6   |
| Относительное удлинение при разрыве, %                                  | 243   | 206   | 163  |
| Объемная скорость потока расплава (MVR), см³/10 мин. при 190°C, 21,6 кг | 10,6  | 7,3   | 2,3  |
| Индекс предельного окисления (LOI), % O <sub>2</sub>                    | 37  | 42  | 45   |

**Таблица 2. Свойства компаундов на основе EVA 26**

кабельные компаунды могут разрабатываться на основе различных полимеров и огнезащитных добавок в зависимости от требуемых характеристик кабеля, применяемого для определенной задачи.

При решении специальных задач становится возможным удовлетворить даже еще более строгие требования к свойствам кабелей. В таких случаях рекомендуется применение специальных антипиренов на минеральной основе с поверхностью, обработанной с использованием силанов [3]. Другие типы полимеров (эластомеры, термоэластопласты) также могут обеспечивать дополнительные преимущества при разработке конструкции кабелей для рельсового транспорта, судов и морских нефтегазовых платформ [2, 4].

Таким образом, в свете все более ужесточающихся

требований к кабельным компаундам, которые должны отвечать не только строгим нормам пожарной безопасности, но и ужесточающимся требованиям касательно сокращения выделения дыма и предотвращения выделения токсичных газов, популярность кабельных HFFR-компаундов растет. Одним из ключевых антипиренов, используемых для решения этих задач, является тригидрат алюминия (АТН). Он может служить добавкой как к стандартным ПВХ-компаундам, так и к HFFR-компаундам. Гидраты металлов, в частности АТН, обеспечивают не только требуемую огнестойкость кабельных компаундов, но и такие дополнительные преимущества, как пониженное дымовыделение и полное отсутствие выделения опасных веществ при активации.

### Литература

1. www.nabaltec.de/index.php?option=com\_content&task=view&id=114&Itemid=249.
2. Nabaltec AG (2010), Brochure Metal Hydrates for Cables.
3. Luks A. Mineral flame retardants for cable compounds, in Schriftenreihe Bahntechnik Aktuell (Band 46/2013) Fire Safety 2013 – Fire Safety in Railway Systems, Editor: Schulz E., Interdisziplinärer Forschungsverbund Bahntechnik e.V., Berlin.
4. PINFA (2010), Brochure Innovative and Sustainable Flame Retardants in Transportation, PINFA, Brussels. www.pinfa.eu/library/brochures.

I  
U.