

## Фторполимеры как материалы для химической защиты оборудования и трубопроводов

Е. С. Выражейкин, Б. А. Логинов

*ЕВГЕНИЙ СЕРГЕЕВИЧ ВЫРАЖЕЙКИН — начальник производства фторопластовых изделий и химзащиты ООО «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова». Область научных интересов: переработка и применение фторопластов. E-mail viraje@rambler.ru*

*БОРИС АНАТОЛЬЕВИЧ ЛОГИНОВ — специалист по НИР и новой технике ООО «ДЕВЯТЫЙ элемент». Область научных интересов: фторирование полимеров, химическая стойкость полимеров, полимерные композиционные материалы. E-mail login42@mail.ru*

613040 г. Кирово-Чепецк, Кировская область, а/я 7.

129626 Москва, ул. Староалексеевская, д. 7, ООО «ДЕВЯТЫЙ элемент», тел. +7(495) 790-72-00.

Фторполимеры (фторопласты) — уникальные синтетические продукты. Высокая прочность связи атомов фтора и углерода в макромолекулах обуславливают сочетание ценных свойств, отличающих их от всех других полимеров. Фторполимеры химически инертны к любым кислотам и их смесям, щелочам и растворителям, имеют широкий интервал рабочих температур, от  $-269^{\circ}\text{C}$  до  $+260^{\circ}\text{C}$ , обладают высокой электроизоляционной и достаточной механической прочностью.

В качестве протекторных материалов фторполимеры успешно заменяют дорогостоящие нержавеющие стали и специальные материалы, используемые в технологическом оборудовании и трубопроводах в химической, нефтегазовой, металлургической отраслях промышленности и энергетике.

### Защита фторполимерами промышленного оборудования

В России фторполимеры производят два крупных предприятия: «Завод полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината им. Б.П. Константинова» (г. Кирово-Чепецк) и ОАО «Галоген» (г. Пермь). Интересы обоих предприятий на рынке фторопластов, а также в Консорциуме «Фторполимерные материалы и нанотехнологии» представляет фирма ООО «ДЕВЯТЫЙ элемент» (г. Москва).

Кроме выпуска порошковых и гранулированных фторполимеров и традиционных изделий из фторопластов (втулки, стержни, трубы, пластины, пленки) на этих предприятиях освоено производство фторопластовых трубопроводов и крупногабаритного коррозионно-стойкого оборудования.

В последние годы значительно расширилась номенклатура выпускаемого оборудования и уникальных изделий. Это

— трубопроводы и детали трубопроводов (отводы, тройники, крестовины, переходы, переходные фланцы),

футерованные фторопластами Ф-4, Ф-4М, с условным диаметром от 25 до 500 мм (см. рис. 1);

— защищенные фторполимерами динамические детали аппаратов сложной конструкции (мешалки, лопатки вентиляторов и т.п.);

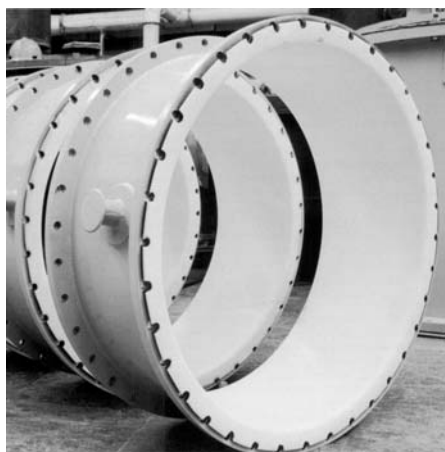
— корпуса емкостей из фторопласта-4 вместимостью 70, 400 и 2000 л;

— широкий спектр изделий из заготовок, сделанных из Ф-4 и композиционных фторполимеров (кольца, прокладки, вкладыши, уплотнения и многое др.); изготовление производится по чертежам заказчика.

Заводы продолжают осваивать новые виды продукции. В настоящее время они предлагают широкий набор таких инженеринговых услуг, как проектирование и изготовление химически стойких технологических линий, а также отдельных аппаратов, футерованных фторопластами в соответствии с требованиями заказчика: стальных скрубберов, реакторов, колонных аппаратов (ректификационных и других колонн), теплообменников; компоновка крупногабаритного емкостного оборудования из отдельных футе-



Рис. 1. Детали трубопроводов, футерованных фторопластом



**Рис. 2. Царги ( $\varnothing = 2000$  мм) для сборки колонны, футерованной фторопластом**

рованных фторопластом царг (максимальный диаметр царги 2,6 м, высота 1,3—1,5 м, общая высота колонны до 15—20 м и более, рис. 2); проектирование и изготовление емкостей с внутренней футеровкой из листа Ф-2М толщиной 2—6 мм.

Заказчику могут быть предложены варианты исполнения защиты фторопластами оборудования, функционирующего в технологическом процессе.

Освоены следующие способы использования фторполимерных материалов для протекторной защиты технологического оборудования и трубопроводов: футеровка листовыми фторопластами, включая их прочное приклеивание или свободное крепление фторопластовых вкладышей; напыление порошковых фторопластов, применение суспензий и лаков на основе фторполимеров.

#### *Футеровка листовыми фторопластами*

Для протекторной защиты резервуаров, оборудования и приборов, которые эксплуатируются при средних температурах (до 120 °С), рекомендуется покрытие из фторполимеров, прочно соединяемое с металлической основой. При этом используемые для футеровки фторопластовые пленки или панели с одной стороны металлизуются, затем при помощи клеящих материалов, обладающих достаточной химической и термической устойчивостью, они приклеиваются металлизированной стороной к внутренним стенкам аппаратов. Края панелей свариваются между собой для гарантированной герметичности.

Важным преимуществом такого антикоррозионного покрытия является его механическая устойчивость к вакууму. Уровень защиты от воздействия агрессивной среды определяется маркой фторопласта и толщиной защитного слоя. Условно названные металлизированными фторопластовые ленты, пластины, профили, локотканы изготавливаются из фторопласта-4 или его модификаций с напыленным слоем толщиной от 10 мкм до 1—3 мм. Для напыления используются порошки не только металлов, но и сплавов, оксидов, карбидов. Такие обкладочные материалы с

одной стороны обладают антиадгезионными свойствами за счет фторопласта, а с обратной стороны способны приклеиваться как друг к другу, так и к другим различным поверхностям. Адгезионная прочность склеенного шва составляет не менее 10 кг/см<sup>2</sup>.

Металлизированные изделия могут использоваться самостоятельно не только в качестве антиадгезионных и защитных покрытий трубопроводов и емкостей, но и для других целей. В частности, могут применяться для антиадгезионной защиты литейных форм, используемых для получения отливок железобетонных, гипсовых и прочих изделий. Они позволяют получить зеркальные поверхности формуемых изделий и облегчают их выемку из формы. Металлизированные фторопластовые листы могут служить материалом для направляющих в металлорежущих станках, обеспечивая плавность и равномерность перемещения подвижных узлов станков. Применяются также для облицовки валков, каландров и специальных транспортерных лент.

#### *Свободное крепление фторопластовых вкладышей*

Прочно приклеенные металлизированные антикоррозионные системы способны работать при температурах не выше 120 °С. Клеящих материалов, обладающих достаточной устойчивостью к высоким температурам в агрессивных средах, в настоящее время пока нет. Для обеспечения работоспособности оборудования в таких условиях создается защитное покрытие, так называемая свободная рубашка. Футеровка емкостей листами из фторопластов выполняется в виде свободных цилиндрических вкладышей, облегающих изнутри каждую обечайку сборной емкости. Дополнительное крепление обеспечивают штуцера в корпусе аппарата. Технология отбортовки вкладышей такова: эластичный вкладыш из фторопласта загибается при нагревании и поджимается на поверхность фланца обечайки аппарата. Отбортованная часть вкладыша после сборки аппарата служит также материалом уплотнения между фланцами двух соседних обечаек (царг).

При выборе толщины покрытия следует учитывать то обстоятельство, что чем тоньше слой футеровки, тем дольше служит она в условиях колебаний рабочей температуры в аппарате. Обычно толщина вкладыша не превышает 4—6 мм.

Используя современное оборудование и листовые материалы из плавких фторопластов (2М, Ф-4МБ, Ф-40, Ф-50), которые легко свариваются между собой, заводы имеют возможность производить футеровку оборудования сложных геометрических форм.

#### *Напыление порошковых фторопластов*

Покрытия из фторопластовых порошковых материалов применяют для защиты от коррозии газопроводов, вентиляторов, вытяжных шкафов, емкостей и другого оборудования, работающего в агрессивных средах, а также в качестве электроизоляционных, антиадгезионных и термостойких покрытий. Процесс напыления состоит в нанесении и сплавлении частиц порошка фторполимера

непосредственно на поверхности изделия. На заводе полимеров Кирово-Чепецкого химического комбината применяется метод получения покрытий из фторопластов на металле. Техническое исполнение метода таково: в камере, имеющей отсос воздуха, с помощью специального пистолета-распылителя, генерирующего электростатический заряд до 30 кВ, сжатым воздухом ( $0,2\text{—}1,2\text{ кгс/см}^2$ ) производится распыление порошка на сторону заземленной металлической поверхности. Обычно наносится от трех до девяти слоев. После нанесения очередного слоя порошка осуществляется процесс его термообработки в печи при температуре, определяемой маркой фторопласта (от  $180\text{ }^\circ\text{C}$  до  $360\text{ }^\circ\text{C}$ ). Выдержка слоя в печи не менее  $20\text{—}30$  мин. Предусмотрено улавливание порошка, не попавшего на поверхность, и возвращение его в процесс. Накопленный опыт применения порошковых полимерных материалов подтвердил их высокую эффективность. С помощью данного метода защиты можно создавать покрытия на оборудовании сложных геометрических форм.

Методом напыления фторполимеров получают антикоррозионные, декоративные, электро-, тепло- и звукоизоляционные покрытия по металлу, бетону, стеклу, керамике, в том числе на поверхностях полых крупногабаритных изделий, например емкостей. По трудоемкости метод сравним с нанесением лакокрасочных покрытий и эффективнее гальванических покрытий примерно в пять раз. Для напыления используют широкий ассортимент плавких порошковых фторопластов. Эти материалы не содержат органических растворителей, что важно как с экологической, так и с санитарно-гигиенической точки зрения.

#### *Применение суспензий и лаков на основе фторполимеров*

Покрытия на основе фторполимерных лаков и суспензий обладают достаточно хорошими антикоррозионными свойствами по отношению к агрессивным газовым и жидким средам. Они не набухают в воде и других жидкостях, устойчивы к кислотным и щелочным средам (не разрушаются в 98%-ной азотной кислоте, 37%-ной соляной кислоте, 50%-ной уксусной кислоте, 50—98%-ной серной кислоте, 50—90%-ной фосфорной кислоте, 40%-ном растворе едкого натра), а также к агрессивным газам и парам, содержащим фтористый водород, окислители и другие агрессивные компоненты.

Лаки на основе растворимых фторсодержащих полимеров служат для нанесения защитных покрытий на металлы, стеклопластики, древесину, резину, стекло и другие материалы. Их применяют для защиты от коррозии газопроводов, вентиляторов, вытяжных шкафов, зондов и другого оборудования, работающего в газовых агрессивных средах, а также в качестве электроизоляционных и термостойких покрытий в электронике, оптике, атомной энергетике, в бытовых приборах.

Интересен опыт применения данного метода в пищевой промышленности: лаки и суспензии фторопластов служат для создания не только антипригарных

покрытий, но и для защиты емкостей и фильтров в производстве пива, вина и других продуктов.

Данный вид покрытий наносится методами, реализуемыми в лакокрасочной технологии.

#### **Контроль качества фторполимерных покрытий на производстве**

К фторполимерным покрытиям, работающим в контакте с сильно агрессивными средами, предъявляются особые требования. Поэтому контролю качества фторполимерных покрытий на производстве уделяется первостепенное значение.

Обязателен многоступенчатый контроль с оценкой качества выпускаемой продукции на каждой стадии ее производства. В начале производственного цикла определяются характеристики поступающего сырья. В цехе синтеза проводится двухступенчатый входной контроль технологического сырья на соответствие требованиям нормативно-технической документации: 1) проверка наличия сертификата или документа о качестве, 2) проверка характеристик продукта на соответствие требованиям ГОСТ, ТУ или технологического регламента. При контроле сырья для синтеза фторопластов проверяется качество каждого исходного продукта.

Выпускаемые порошки фторопластов также проверяются на соответствие технической документации, а на основании испытаний составляется документ о качестве продукта. При изготовлении антикоррозионного покрытия технологического оборудования проводится тщательный отбор фторопластов. При этом обязательно контролируются физико-механические показатели, чистота исходного продукта, стойкость к многократному циклическому изгибу, низкая газопроницаемость материала (испытания по методу проникновения гелия) и др. Партии порошка фторопласта, отобранные для создания защитных покрытий, поступают в специальный цех на изготовление конечной продукции.

По завершении работ антикоррозионный материал и защитное покрытие технологического оборудования дополнительно подвергаются испытаниям, в числе которых обязательными являются определение индекса растяжения пор, физико-механические испытания при высокой температуре, тестирование сварных швов и соединений на целостность электроискровым методом; гидравлические испытания. Кроме того, в цеховой и центральной заводской лабораториях проводятся испытания материала для основных видов технологических устройств и конструкций на стойкость к агрессивным веществам при различных концентрациях и в широком интервале температур; динамические испытания; испытания масштабных моделей и другие специализированные виды тестирования готовой продукции.

Изготовители защитных химических покрытий имеют лицензии на все виды работ и несут ответственность за качество продукции. Вся продукция сертифицирована в соответствии с требованиями российского законодательства.

Показатели работы оборудования, защищенного фторопластом, на заводе полимеров и заводе минеральных удобрений ОАО «Кирово-Чепецкий химический комбинат»

Оборудование	Материал футеровки	Условия эксплуатации	Ввод в эксплуатацию	Срок службы по проекту/фактический (годы)
Колонна смешения кислот, Ø 500 мм	Фторопласт-4, колпачковые тарелки из фторопласта-4	0,7 кгс/см <sup>2</sup> ; HF, HCl, +10 ÷ +80 °С	1976 г.	5/31
Колонна смешения кислот, Ø 500 мм	То же	0,7 кгс/см <sup>2</sup> ; HF, HCl, +30 ÷ +100 °С	1981 г.	5/26
Колонна отмывочная, Ø 600 мм	Фторопласт-4	0,6 кгс/см <sup>2</sup> ; F <sub>2</sub> , HF, элегаз (SF <sub>6</sub> ) +40 ÷ +120 °С	1998 г.	6/9
Колонна абсорбционная, Ø 1600 мм	Фторопласт-4М, колпачковые тарелки из фторопласта-4	0,7 кгс/см <sup>2</sup> ; HCl, фторхлорорганические вещества -30 ÷ +80 °С	2003 г.	5/4
			2004 г.	5/3
Колонна абсорбционная, Ø 1000 мм	То же	0,7 кгс/см <sup>2</sup> ; HCl, фторхлорорганические вещества, -30 ÷ +80 °С	2006 г.	5/1
Колонна санитарная, Ø 800 мм	—''—	0,7 кгс/см <sup>2</sup> , NaOH (180 г/л), +20 ÷ +120 °С	2006 г.	5/1
Колонна «Гаспарян», Ø 1200 мм	—''—	0,7 кгс/см <sup>2</sup> ; 35%-ная HCl, -30 ÷ +130 °С	2006 г.	5/1

### Опыт эксплуатации защищенного фторопластами оборудования

Опыт эксплуатации показал, что аппараты и трубопроводы, защищенные фторопластами, работают 25—30 лет и более в жестких условиях химических производств. Они успешно функционируют на многих предприятиях России и СНГ: ОАО «Щёкино АЗОТ», ОАО «Ульяновскэнерго», ФГУП «Сибирский химический комбинат», ГМК «Криворожсталь», ОАО «Волжский трубный завод», ОАО «Волгограднефтеоргсинтез», ОАО «Азот» (г. Березники), «Томск-НефтеХим», ОАО «Мосэнерго», ОАО «Электростальский химико-механический завод» и др.

Первые аппараты были изготовлены на Кирово-Чепецком химическом комбинате для собственных нужд, где они успешно и безаварийно работают на протяжении многих лет (см. таблицу).

### Заключение

Внедренные на отечественных предприятиях системы химической защиты оборудования и трубопроводов фторполимерными материалами помогают производственным компаниям решать комплекс задач, включающих коррозионный мониторинг, создание оборудования и трубопроводов в коррозионно-стойком исполнении и поддержание его надежности при эксплуатации.

Современные экономические условия требуют новых форм взаимодействия производителей с потребителями, в частности, инжиниринговое обслуживание.

«ДЕВЯТЫЙ элемент» — одна из немногих российских компаний, предлагающая полный комплекс таких услуг по обеспечению фторполимерными защитными материалами и устройствами с гарантированным обслуживанием. Компания может предложить заказчику разработку новых и модифицирование известных антикоррозионных полимерных материалов, подбор защитных покрытий для конкретных условий эксплуатации; проведение ускоренных лабораторных и опытно-промышленных испытаний защитных покрытий и выдачу рекомендации по их применению; выполнение расчетов и проектирование оборудования, исходя из конкретных условий его работы на производстве; изготовление оборудования для работы в агрессивных средах и обеспечение его химической защиты; проведение монтажных работ по фторполимерной защите штатного оборудования и профессиональное гарантийное обслуживание.

ООО «ДЕВЯТЫЙ элемент» в Консорциуме «Фторполимерные материалы и нанотехнологии» в сотрудничестве с ведущими академическими и отраслевыми институтами решает проблемы, связанные с освоением производства конкурентоспособной фторполимерной продукции мирового уровня. В частности, такими проблемами являются разработка высокотемпературных, химически стойких клеев для приклеивания металлизированных фторопластовых покрытий к металлам, создание защитных фторопластовых покрытий методами холодного газового напыления и др.