Пленки из инновационного фторопласта-40 или ETFE

Разработки технологий синтеза всех фторполимеров во времена СССР проводились в Ленинграде, в Охтинском НПО «Пластполимер», одном из трех центров фторполимерной химии, к которым относились также Государственный Институт Прикладной Химии и ВНИИСК им. С.В. Лебедева. Промышленное производство фторсополимера этилена с тетрафторэтиленом - фторопласта-40 было освоено в 1961 году на Кирово-Чепецком химическом комбинате. Начало промышленного выпуска сополимера этилена с тетрафторэтиленом за рубежом под торговой маркой ETFE началось компанией Du Pont только с 1972 года. Фторсополимеры разрабатывались в первую очередь для нужд военной и космической промышленностей и обладали высокой стоимостью. Практически сразу из фторсополимеров типа ETFE начали изготавливаться пленки методом плоскощелевой экструзии. В настоящее время сырьем для производства отечественных пленок служат специальные марки фторопластов: Ф-40АМ, Ф-40Ш, Ф-40М, Ф-40ВЭМ, Ф-40БМ, а также новые марки ОАО "Галоген" – FLUOROPLAST-40 HALEON™ и некоторые другие. За рубежом к основным производителям пленок из ETFE относятся:

1. Asahi Glass Company, марки *Fluon® ETFE FILM и F-CLEAN®*;
2. Daikin, марка *NEOFLON™ ETFE*;
3. Nowofol® Kunststoffprodukte GmbH & Co., марка *Nowoflon ET Film*;
4. Chemours Company FC, марка *Tefzel™ ETFE film*;
5. Polyflon Technology Limited, марка *FLONFILM™ 300 ETFE*;
6. Saint-Gobain Performance Plastics, марка *Chemfilm ETFE Film*;
7. Vector Foiltec, марка *Texlon*;

В маркетинговых отчетах утверждается, что глобальный рынок фторполимерных пленок, который в настоящее время оценивается на уровне 1 400 млн. долл. США, в ближайшем будущем будет расти на 6% в год и достигнет 2 527,6 млн. долларов к концу 2026 года. Там же говорится, что мировой спрос на фторполимерные пленки будет расти, в том числе, за счет быстрого развертывания солнечных фотоэлектрических модулей по всему миру. Увеличение выпуска солнечных батарей будет продолжать стимулировать продажи ETFE пленок, которые используются наряду с пленками из поливинилфторида и поливинилиденфторида в качестве защитных слоев этих модулей. Ожидается, что в течение десятилетнего прогнозируемого периода на мировом рынке фторполимерных пленок будет зафиксирован объем продаж в районе 60 000 тонн.

Весьма значительное место в объемах продаж ETFE пленок объясняется широким спектром назначений и целым рядом технических преимуществ перед обычными пленками, стеклом и поликарбонатными листами. Производители пленок предлагают различные марки ETFE, различающиеся толщиной, поверхностной обработкой и введенными добавками для следующих применений:

- Архитектура;
- Агрокультурное и оранжерейное применение;
- Защита солнечных батарей;

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

- Электроника: печатные платы и полупроводники;
- Строительство: внутренняя отделка помещений;
- Индустрия: кабельная ленточная изоляция;
- Медицинская промышленность.

Рассмотрим эти направления поподробнее.

Архитектура

Наиболее обширное применение ETFE пленок основано как на возможности реализации практически любых идей дизайнеров и архитекторов в оформлении фасадов и крыш всевозможных сооружений, так и на специфических особенностях данного фторполимера. В строительных технологиях используются толстые пленки ETFE толщиною 250 – 300 мкм, часто собранные в так называемые двух- или трехслойные пневматические «подушки». Раскрой и форма таких подушек, как правило, индивидуальны для каждого архитектурного проекта, а системы крепежа обеспечивают долгий срок службы, регулируемую ситуационную подачу сухого воздуха и ремонтопригодность секций. Кроме этого, ETFE, как и другие фторполимеры используется в архитектуре в форме текстильных покрывных материалов.

Характерными особенностями ETFE пленок, определяющими в архитектуре конкурентные преимущества являются:

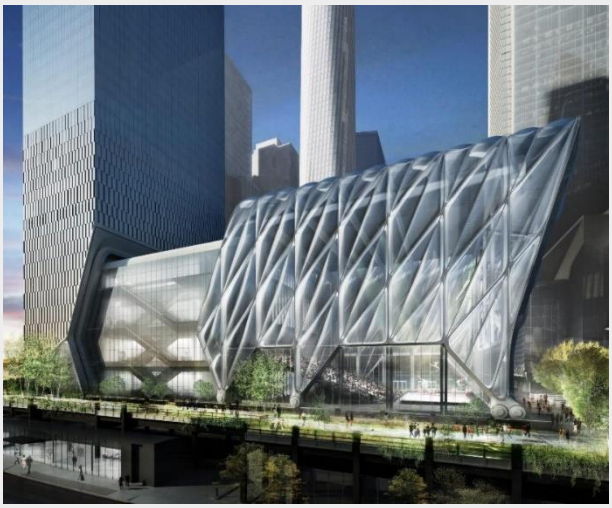
Высокие физико-механические характеристики

Предел прочности при разрыве пленок ETFE разных производителей составляет от 40 до 65,2 МПа, что существенно превосходит полиолефиновые пленки. Отличные физико-механические свойства позволяют противостоять экстремальным нагрузкам, в том числе связанных с техногенными катастрофами. ETFE разрешен в зарубежье к использованию в районах с высокой вероятностью возникновения мощных ураганов, что обусловлено также эластичностью и стойкостью к повреждениям полотна пленки.

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Малый вес

Плотность марок ETFE находится в пределах 1650-1760 кг/м^3. Таким образом, пленки из ETFE, часто именуемые производителями «жидким стеклом», легче обычного стекла в 100 раз и, соответственно, не требуют массивных поддерживающих конструкций и могут быть легко перемещены по ситуации.



Возможность перекрытия больших пролетов

Ширина полотен может составлять от 2 до 5 метров, а длина превышать 50 метров. Возможности термоконтактной сварки термопластичного фторполимера ETFE способствуют изготовлению весьма крупных архитектурных элементов, что особенно наглядно видно в инновационных проектах павильонов стран мира на предстоящей выставке EXPO 2020 в Дубае.

Безопасность конструкций при пожаре

ETFE не горит, по DIN EN 13 501-1 продукт относится к самозатухающим материалам. В России мембранные конструкции обладают классом пожарной опасности материалов КМ1, токсичностью продуктов горения Т1 (малоопасные), дымообразующей способностью Д1 (малой дымообразующей способностью), группой горючести по ГОСТ 30244 – Г1 (слабогорючие материалы), группой распространения пламени по ГОСТ Р 51032 – РП1 (не распространяющие). Кислородный индекс фторсополимера, во многом определяемый условиями синтеза и строением концевых групп инициатора, составляет примерно 31-32%. Разрушение пленочного покрытия не является травмоопасным событием, как это может произойти со стеклом или листом поликарбоната.

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Гарантийный срок эксплуатации

Срок эксплуатации пленочных покрытий из ETFE оценивается в 30-50 лет. После его окончания пленка пригодна к повторной переработке в гранулы и дальнейшему использованию в иных проектах.

Самоочищаемость поверхности пленки

Поверхность фторопластовой пленки антиадгезионна, поэтому на ней не скапливается ни пыль, ни грязь. По этой же причине на её поверхности не закрепляются простейшие микроорганизмы и водоросли. Для очистки достаточно ливневого дождя для смывания пыльцы или любых природных/техногенных загрязнений.

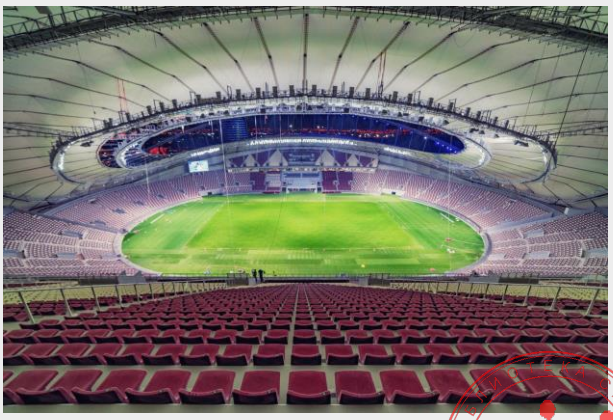
Энергосбережение

Использование «подушечной» технологии позволяет уменьшить теплопередачу за счет изолированных слоев воздуха в конструкциях. Поэтому затраты на охлаждение/отопление покрываемых помещений уменьшаются. Данные по изоляционным свойствам подушек из ETFE в таблице ниже:

Слои ETFE	Коэффициент:	
	теплопередачи W/m^2K	термоизоляции Ft^2hrF/BTU
1	5,7	1,0
2	3,5	1,6
3	2,0	2,9

Отсутствие внутреннего шума

Пленка ETFE не задерживает прохождение звуковых волн и не является шумоизолирующей. Наоборот, звук дождя может усиливаться, как при ударах о барабанную поверхность. В то же время, в крытых ETFE помещениях, полностью устраняется эффект эха и гулкость звуков. Это может быть полезно в акустике, или концертно-филармонической деятельности.



БИБЛИОТЕКА FTORPOLYMER.RU

Пригодность к технологиям «умного дома»

Современные тенденции градостроительства во многом основываются на энергоэффективном использовании солнечной энергии. Пленка ETFE отлично инкапсулирует внутри себя солнечные элементы, датчики освещенности, температуры, другую электронику, включая широкие панели LED экранов. Путем модификации угла отражения высокоэнергетической части солнечного спектра многослойными ETFE пленками, можно добиться того, что в помещениях, не будет жарко в солнечные дни. Такие пленки известны под аббревиатурой ETFE MOF.

Инертность пленки

Фторполимерная природа материала делает пленку нечувствительной к действию агрессивных веществ, кислотным дождям, ультрафиолету и проникающей радиации. Это дает возможность использовать пленку в качестве моющихся обоев чистых коммерческих помещений и жилых зданий, а также оболочек прозрачных контейнеров для активных и чистых субстанций.

Экологичность пленки

Применение пленки ETFE снижает уровень выбросов CO_2 в окружающую среду. И вместе с этим реализуются различные биофермные проекты, направленные на создание в городской среде более комфортных условий пребывания путем очистки окружающего воздуха, регулирования освещенности, генерации биомассы для топлива, пищевых добавок или биологических удобрений.

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Агрокультурное применение

Важным направлением использования ETFE пленок по всему миру является теплично-парниковое строительство, возведение крупных оранжерей и центров досуга с флорой и фауной тропических зон. Конкурентными материалами в этом назначении выступают пленки из полиолефинов, многослойные пленки, пленки ПВХ и широкий спектр поликарбонатных листов, а также обычное и специальное стекло. Наряду с рассмотренными выше показателями, положительно влияющими на принятие решения по выбору покрывного материала теплиц, есть также ключевые особенности, выгодно отличающие использование ETFE в агропромышленном назначении. Рассмотрим их ниже:

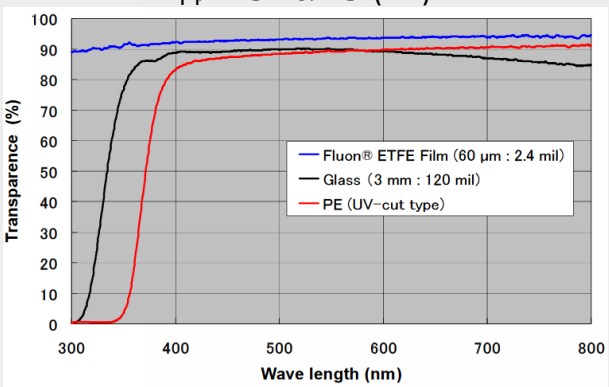
Широкий диапазон климатических условий

Теплицы с использованием ETFE уже отлично зарекомендовали себя в условиях Крайнего Севера. С другой стороны материал с успехом используется при возведении построек в жарких условиях пустынь и влажного тропического климата.

Прозрачность в видимом и УФ спектрах

Стекло и полиэтилен пропускают только 5% необходимого растению солнечного спектра. Максимальная прозрачность ETFE составляет 95%, а в ультрафиолетовом диапазоне – более 90%. Полный спектр света, особенно УФ-А играет большую роль в обеспечении здоровья растений. В естественной среде под влиянием ультрафиолета растение производит большее количество защитных биологически активных соединений – бета-каротина, антоцианов и гликозидов. Они обеспечивают цвет, вкус и питательную ценность растений. Кроме того, ультрафиолет подавляет развитие многих микроорганизмов, включая грибы и бактерии, вызывающие болезни растений в теплицах. Главным же следствием более высокой прозрачности ETFE пленок теплиц безусловно является *вкус овощей и фруктов открытого грунта!*

Сравнение прозрачности (%) пленки ETFE со стеклом и полиэтиленом в зависимости от длины волны (нм)



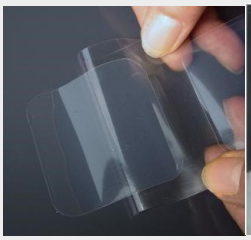
БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Долговечность

В традиционных пленочных теплицах пленку приходится заменять каждые 3-5 лет, поскольку снижается ее светопропускающая способность и прочностные характеристики в результате старения. Результаты испытаний показывают, что светопропускающая способность пленки ETFE снижается всего на 5% после 20 лет эксплуатации при гарантийном сроке эксплуатации, превышающем 30 лет. В ходе проведенных испытаний фирмой Dyneon на старение, после 10 тыс. часов воздействия УФ-излучения (тест Xenontest 150) не было выявлено признаков оптического повреждения ETFE. Фирма AGC в этой связи оценивает начало разрушения углеродной цепи величиной свыше сотни лет.

Ремонтопригодность

В случае механического повреждения пленки острым предметом или клювом птицы, её можно легко починить специальным скотчем, сделанным на основе такой же пленки.



Эффект антикапли

Заключается в отсутствии образования на поверхности специально обработанной пленки капель конденсата, способных к падению на растения (одна из причин заболевания рассады мучнистой росой).

Легкость перевозки и монтажа

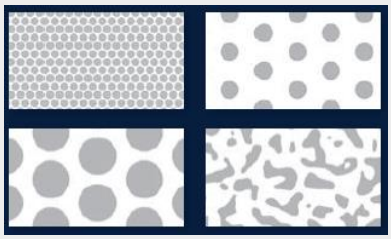
В сравнении с традиционными покрывными материалами, такими как листы поликарбоната или силикатным стеклом, теплицы из ETFE легко собираются без специальной техники и оснастки. В перевозке не требуется также использовать защитные элементы для стекла или блоков поликарбоната. В отличие от обычных теплиц,

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

материалы для их сборки и крепежа должны иметь аналогичный с ETFE срок службы.

Адаптивность к различным технологиям

Марочный ассортимент пленок ETFE весьма широк и позволяет делать оптимальный выбор в зависимости от назначения. Например, при выращивании томатов, целесообразно использование матовой пленки, рассеивающей прямой солнечный свет. В тепличных хозяйствах используются пленки, включающие UV контроль. Для определенных условий используются пленки с принтами или иной дополнительной обработкой.



Самоочищаемость теплиц

Высокая прочность материала в сочетании с оптимальным углом наклона крыши и поверхностным антиадгезионным эффектом не дает возможности накапливаться осадкам. Материал также не повреждается градом. Грязь, листва, пыльца и пыль скатываются с поверхности фторопласта ETFE лучше, чем с поверхностей других пластиков. Грязеотталкивающие свойства зависят от величины поверхностного натяжения материала, чем оно меньше, тем более антиадгезионна поверхность. Ряд уменьшения поверхностного натяжения имеет следующий вид: полиамид (PA) полиэтилентерефталат (PET), полиэфирэфиркетон (PEEK), полиэтилен (PE), поливинилиденфторид (PVDF), фторопласт-40 (ETFE), фторопласт-4 (PTFE).

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Защита солнечных батарей

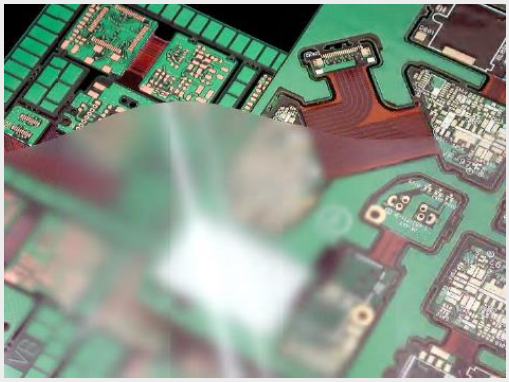
Возобновляемая солнечная энергетика – одна из быстро развивающихся индустрий в настоящее время. Специфика эксплуатации солнечных батарей предусматривает постоянное, максимально возможное воздействие на них всего спектра солнечного света. При этом наиболее выигрышным расположением модулей являются малооблачные песчаные пустыни с абразивным характером воздействия ветров и бурь. Для защиты модулей солнечных элементов как с фронтальной, так и с обратной поверхности применяют ETFE пленки толщиной от 25 мкм. По сравнению со стеклом ETFE пленки более прозрачны и несравненно более легки, что уменьшает расходы на монтаж и логистику, а также способствует безопасному выполнению покрывных работ. Защитные барьерные пленки из ETFE весьма достойно конкурируют в этом назначении с широким кругом применяемых пластиков: поливинилфторидом (PVF), PVDF, PET и другими. В последнее время ETFE пленки часто применяются в комбинации с другими полимерными слоями, например, PET и/или этиленвинилацетата (EVA), что улучшает стойкость к электрическому пробою и межслойную адгезию и приводит в сумме к созданию высококонкурентного продукта. Поверхностная микро-линзовидная модификация ETFE способна придать антибликовость пленке, что дополнительно увеличивает сбор солнечной энергии фотомодулями зданий. В ряде случаев ETFE пленка инкапсулирует наряду с солнечными элементами обратные преобразователи – LED и OLED элементы, используемые в концепции строительства умных домов и автономных фасадов.

Гибкость ETFE защиты способствует созданию переносных фотопреобразователей, способных снабжать энергией различные гаджеты или специализированную портативную электронику.

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Электроника: печатные платы и полупроводники

Благодаря своим антиадгезионным свойствам и рабочей температуре в 200 °С пленки ETFE применяются в качестве антиадгезионной для печатных плат и электронных компонентов.



Строительство: внутренняя отделка помещений

Фторполимерные обои с улучшенной водостойкостью, термоустойчивостью и долговечностью на основе ETFE пленок используются для обеспечения максимального уровня чистоты различных объектов. Такие обои наиболее востребованы на фармацевтических и химических производствах, а также заводах по переработке пищевых продуктов. Самоклеящиеся обои из ETFE особенно рекомендуются к использованию при отделке стен и потолков курительных комнат.

В отличие от обычных бумажных обоев они не подвержены старению, изменению цвета водопроницаемости. Могут выдерживать специальные виды обработок, в том числе УФ облучение, обеспечивая идеальную чистоту и гигиеничность.

Индустрия: кабельная ленточная изоляция и изоляция плоских кабелей

Эти кабели используются в современных технологиях, в которых необходимо обеспечивать высокую устойчивость к химическим веществам и растворителям, стойкость к механическим воздействиям в сочетании с высокой радиационной и нагревостойкостью. Примером в России могут служить провода ПТГ для электродвигателей с нагревостойкостью 155 °С и выше, выпускаемые из фторопласта-40Ш. Дополнительными преимуществами изоляции ETFE является её хорошие электроизоляционные характеристики с малыми, почти независимыми от частоты, диэлектрическими характеристиками.

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Применяются кабели с ленточной ETFE изоляцией и в высокочастотных и широкополосных технологиях, коаксиальных и микроволновых кабелях, где высокая скорость передачи информации сочетается с точностью. К таким применениям относятся, в частности, химическая промышленность, строительство печей и кирпичных заводов, производство отопительных приборов.

Медицинская промышленность

С применением ETFE пленок в медицине изготавливаются интродьюсеры (пластиковые трубки для установки катетеров или электродов), и контейнеры для биологических материалов и реагентов. Сварные емкости из ETFE пленок имеют примерно одинаковый с водой показатель преломления. Контейнеры из ETFE выдерживают автоклавирование и, что немаловажно, радиационную стерилизацию. По стойкости к радиационному воздействию занимают вторую позицию в ряду снижения стойкости: ECTFE > **ETFE** > FEP > PFA > PTFE. Пленки из ETFE одобрены к применению в медицине и пищевой промышленности американским агентством FDA.

Сравнение ETFE с другими фторполимерными пленками

По-видимому, не вполне корректно сравнивать фторполимерную ETFE пленку с близкими по сферам применения пленками из традиционных полимеров или листами стекла, или поликарбоната, из-за явных преимуществ пленок Ф-40/ETFE. Но среди фторполимерных пленок и, в частности, класса частично фторированных сополимеров, к которому относятся ETFE пленки, выбор марки пленки для конкретного применения не так очевиден.

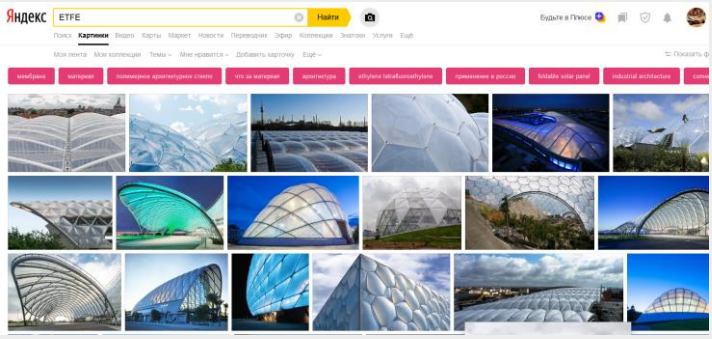
Из большого многообразия типов термопластичных фторполимеров (в частности, в России к 80 годам было разработано порядка 30 видов фторполимеров, включающие около 110 марок)

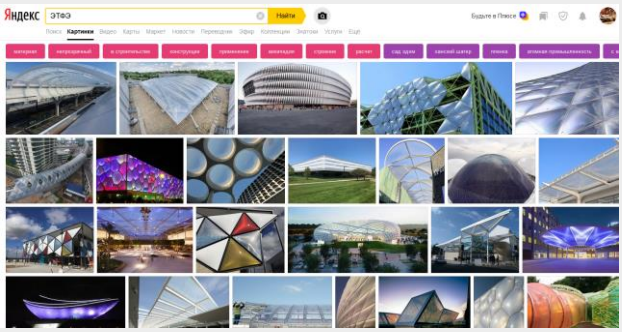
БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

промышленно перерабатываются в пленку лишь некоторые: PVF, PVDF, ETFE, PCTFE, ECTFE, FEP, PFA, THV.

Процесс экструзионной переработки в пленки позволяет сохранить почти все ценные качества исходных гранул термопластичных фторполимеров. Вытяжка полотна при плоскощелевой экструзии способна привести к анизотропии физико-механических характеристик пленок в плоскости полотна. Это должно учитываться при работе с пленками, в частности, при сварке полотен вдоль направления экструзии и при выборе некоторых назначений использования.

Трудно представить будущее современной архитектуры без ETFE пленок.





Ярким свидетельством тому высоко технологичные проекты с ETFE пленочными конструкциями стран-участниц предстоящей выставки EXPO 2020 в Дубае: Кореи, Испании, Германии и других, а также строительство стадионов, бассейнов, оранжерей и торгово-развлекательных центров по всему миру.

При выборе материала пленки **для архитектурных назначений** одними из важнейших критериев являются величины предела прочности при растяжении, относительного удлинения, стойкости к раздиру и прозрачности полотна пленки. Из данных таблицы 1, прочностные характеристики PVDF при обычной температуре существенно превосходят показатели ETFE. Однако мировые производители не рассматривают PVDF как альтернативу ETFE при проектировании крыш, шатров или фасадов, что связывается специалистами с недостаточной прозрачностью зарубежных марок пленок PVDF. Здесь следует отметить то, что российский фторопласт-2М (модифицированный ПВДФ) образует весьма прозрачные пленки, а его технология синтеза эффективнее, безопаснее и, что актуально, - не загрязняет окружающую среду фторсодержащими ПАВами. В то же время, с ростом температуры, прочностные характеристики ПВДФ падают существенно более быстрыми темпами, нежели ETFE и его морозостойкость существенно меньше (см. табл. 1).

Таблица 1

Свойства пленок из термопластичных фторполимеров

Показатель	Марка пленки в России (за рубежом)				
	Ф-4МБ (FEP)	**Ф-50 (PFA)**	**Ф-40 (ETFE)**	**Ф-30 (ECTFE)**	**Ф-2М (PVDF)**
Плотность, кг/м^3	2110-2150	2100-2200	**1700-1800**	1650-1700	1750-1800
Прочность при разрыве, МПа, вдоль направления экструзии	17-50	17-23	**25-45**	35-50	30-55

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Удлинение при разрыве, %, вдоль направления экструзии	160-350	250-340	**50-250**	50-180	200-420
Температура максимума пика плавления, °С	265-290	300-310	**220-280**	215-245	148-178
Диапазон рабочих температур, °С	-150÷+205	-196÷+250	**-150÷+200**	-76÷150	-40÷130
Коэффициент влагопроницаемости $\times 10^{16}$, кг·м/(м^2·с·Па)	0,56-1,45	2,5	**5,0-6,4**	0,27-2,02	7,9-10,4
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом×м	(0,4-2) 10^{15}	(0,5-1) 10^{16}	**10^{14}-10^{15}**	(0,8-1) 10^{14}	(0,3-1) 10^{11}
Тангенс угла диэлектрических потерь при 1 кГц	3 10^{-4}	<3 10^{-4}	**3 10^{-3}**	(2-3,3) 10^{-3}	2 10^{-2}
Диэлектрическая проницаемость при 1 кГц	1,9-2,1	1,9-2,1	**2,4-2,5**	2,0-2,6	7-10

Защитные покрытия солнечных батарей выполняются из разных по составу фторполимерных пленок. Традиционным лидером в этом назначении всегда были пленки из поливинилфторида или PVF (фторопласт-1 в России). Экструзия пленок PVF намного более сложный процесс по сравнению с пленками ETFE, так как при плавлении поливинилфторид частично разлагается и для снижения температуры переработки требует наличия пластификатора – латентного растворителя. Сравнение показателей качества пленок Fluon ETFE (AGC Chemicals) и PVF, приведенное в таблице 2, показывает предпочтение использованию ETFE в фотоэлектрических элементах.

Таблица 2

Основные свойства пленки Fluon ETFE в сравнении с пленкой PVF

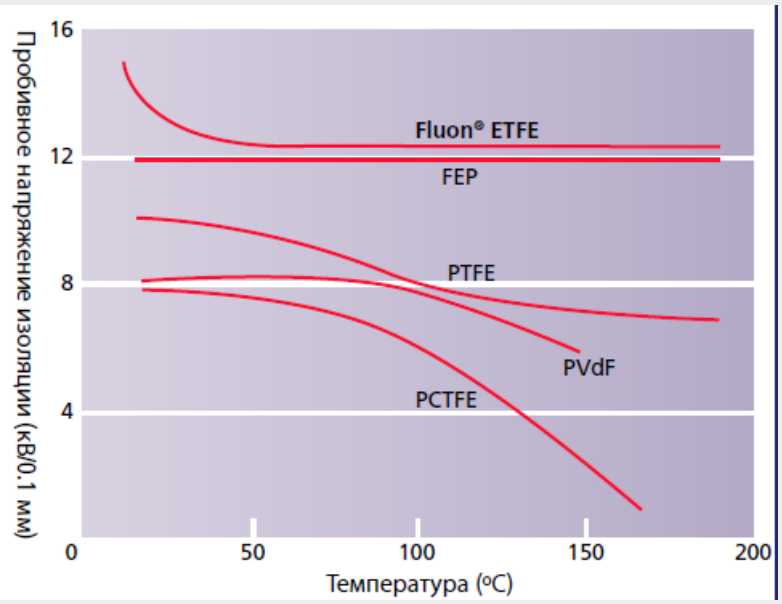
Показатель	Fluon ETFE	PVF
Светопропускание 50 мкм пленки, %	95	89,2
Температура плавления, °С	260	203
Температурный диапазон эксплуатации, °С	-100÷+150	-70÷+100
Кислородный индекс, %	31	23
Коэффициент линейного термического расширения, 1/°С	5,9 10^{-4}	9 10^{-4}
Прочность при разрыве, МПа	69	44
Удлинение при разрыве, %	420	130
Объемное сопротивление, Ω см	>10^{16}	4 10^{13}
Диэлектрическая постоянная при 10^3 Гц	2,6	8,5
Водопоглощение, %	0,03	<0,5
Влагопроницаемость 25 мкм пленки, г/(м^2 24 ч)	6	30
Стойкость по отношению к кислотам щелочам растворителям	 отличная отличная отличная	 слабая средняя слабая

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

К сожалению, экспертная оценка выбора лучшего фторполимера (PVDF, ETFE, FEP, PVF) в этом назначении затруднена отсутствием полностью сопоставимых условий испытаний, качеством испытуемых марок и соперничеством фирм-производителей фотоэлектрических модулей.

Из пленок всех видов термопластичных фторполимеров изготавливают **изоляцию проводов и кабелей**. Диэлектрические характеристики ETFE в сравнении демонстрируются таблицей 1. Высокочастотная электроэнергия преобразуется в тепловую энергию с помощью диэлектрического эффекта, вызывающего потерю электрической энергии. Количество генерируемого тепла пропорционально произведению частоты на диэлектрическую проницаемость и на тангенс угла диэлектрических потерь. Поэтому предпочтительно, чтобы такое произведение, так называемые диэлектрические потери, было мало.

Свойство диэлектрика обычно представляется объемным удельным сопротивлением, которое показывает степень, с которой полимер оказывает сопротивление потоку электрического тока. Чем больше эта величина, тем лучше использовать этот полимер в качестве изолятора. В отношение пробивного напряжения изоляции, другой важной характеристики изоляционного материала, ETFE оказывается превосходным материалом для изоляции в широком интервале температур, как это видно из представленного рисунка.



Отличительной **особенностью изоляции из ETFE** является её стойкость к радиации, предопределяющей успешное применение кабелей и проводов с ней в условиях атомных электростанций. Причем рецептура синтеза ETFE имеет значение для этого показателя. Так стойкость фторопласта-40Ш выше, чем у Tefzel (Du Pont), а у последнего она выше, чем у Teflon Cop (Asahi Glass Company). По степени радиационной устойчивости фторполимеры располагаются в следующем ряду: ETFE>ECTFE>PVDF>FEP>PFA>PTFE. В абсолютных цифрах допустимая максимальная поглощенная доза кабелей с изоляцией из различных фторполимеров в МДж/кг:

PTFE	0,0001÷0,001
PFA	0,01÷0,1
FEP	0,05÷0,2
PVDF	0,2÷1,5
ECTFE	0,2÷2,0
ETFE	0,2÷10,0

По негорючести изоляция из пленок ETFE с кислородным индексом 30-31 уступает другим фторполимерным, но в то же время относятся к материалам, не поддерживающим горения.

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU

Фармацевтика и медицина используют фторполимерные пленки, кроме пленок PCTFE, главным образом в составе контейнеров и картриджей для биоматериалов. Согласно отчетам и исследованиям биофармацевтических производств, главными проблемами в производственных процессах остаются порчи контейнеров и потери ценных жидких биопродуктов при транспортировке и хранении. В этой связи актуален поиск новых лучших материалов для одноразовых контейнеров. Методики тестирования пленочных контейнеров включают в себя многократные циклы замораживания/размораживания и сбрасывания замороженных контейнеров с разных высот с последующей оценкой их целостности, в том числе на образование микроотверстий, разрывов, капель, разрушенных швов, сломанных разъемов, а также проблем расслаивания и утечек жидкости. И в этом отношении однослойные пленки из фторполимеров, как правило, демонстрируют однозначно лучшие результаты, как например на представленном ниже рисунке:

Результаты тестов испытаний на морозостойкость

Контейнер материал пленки	Объем контейнера	2–8°C		-20°C		-85°C			
		Заморозка/ одно оттаивание	6" падение	Заморозка/ одно оттаивание	6" падение	Заморозка/ одно оттаивание	6" падение	12" падение	1M падение
LDPE	1000 mL	Успешно	Успешно	Успешно	Неудача	1 Успешно 1 Неудача	Неудача	N/A	N/A
Polyolefin Monolayer	500 mL	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно			Неудача	Неудача
EVAM	100 mL	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	1 Успешно 1 Неудача	Неудача	N/A	N/A
FEP	750 mL	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Неудача
Single layer fluoropolymer	1000 mL	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно	Успешно

В то же время, несмотря на хороший диапазон рабочих температур, прозрачность и прочность, пленочные изделия из ETFE не пользуются в медицине и фармацевтике какими-либо преимуществами по сравнению с пленками PVDF, FEP или ECTFE.

Заключение

Среди пленок из различных видов фторполимеров, ETFE пленки заслуженно получили самое массовое применение в архитектурном строительстве из-за удачного сочетания многих описанных здесь характеристик и возможности воплотить дизайнерские фантазии.

Несомненно, большой потенциал использования этих пленок и в теплично-оранжерейном назначении, который сдерживается высокой ценой пленки из Ф-40/ETFE, которую, в прочем, можно изготавливать и из «вторички» или отходов других производств.

По мнению фирм, работающих с этой пленкой, в нашей стране очень мало информации об этом материале доходит до возможных потребителей, что определяет насущную необходимость

БИБЛИОТЕКА ФТИТА FTORPOLYMER.RU

популяризации достоинств/свойств пленок Ф-40/ETFE всеми возможными способами. С другой стороны, как было отмечено на последнем форуме внешних оболочек зданий «BUILDING SKIN PETERSBURG 2019», наблюдается дефицит нормативно-технической документации, регламентирующей применение таких пленок в отечественной строительной индустрии.

Инновационность развития пленок из ETFE далека от завершения и их ассортимент будет дальше расширяться, отвечая на многочисленные вызовы технологического развития общества и конструкторских идей. В особых случаях на замену ETFE пленкам могут прийти другие виды фторполимерных пленок, свойствами которых пленки из Ф-40/ETFE не обладают.

П.С. Захаров
Руководитель направления разработки фторсополимеров
на основе винилиденфторида ОНПО «Пластполимер»

М.В. Захарова
Интернет-маркетолог

Совет: бумажная копия не содержит гиперактивных ссылок. Используйте для полноценного ознакомления статью в интернете: https://www.ftorpolymer.ru/docs/etfe-films.pdf

БИБЛИОТЕКА САЙТА FTORPOLYMER.RU