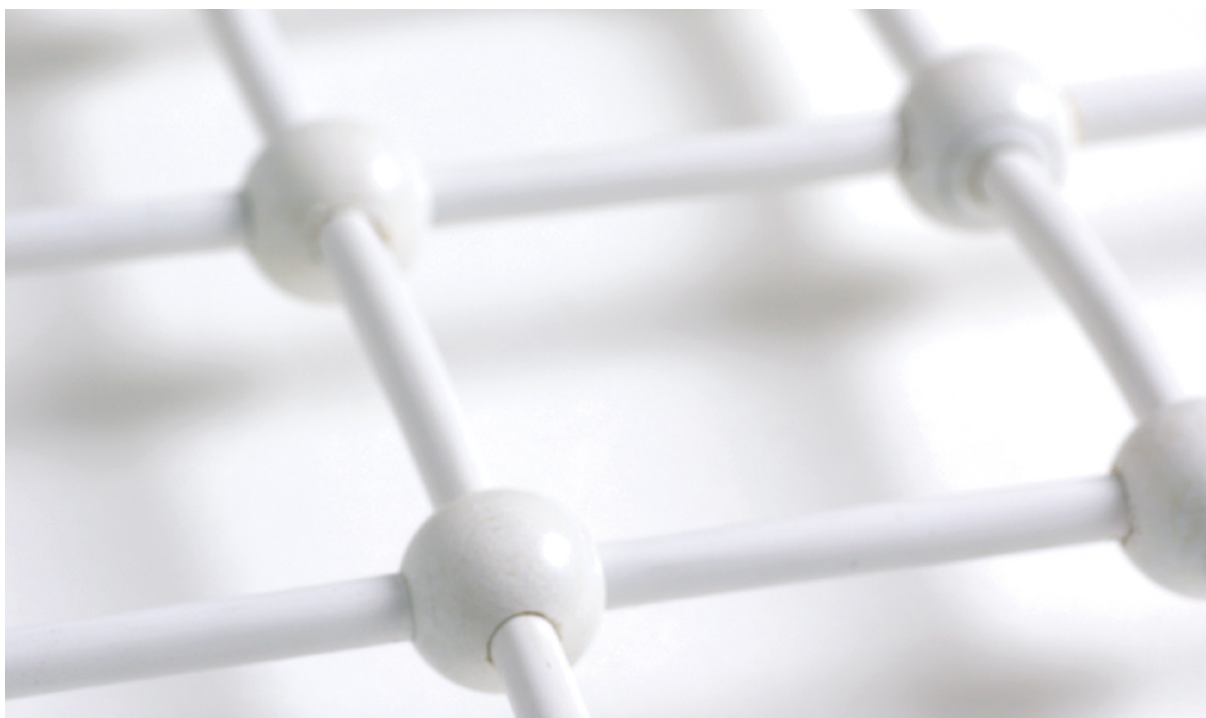


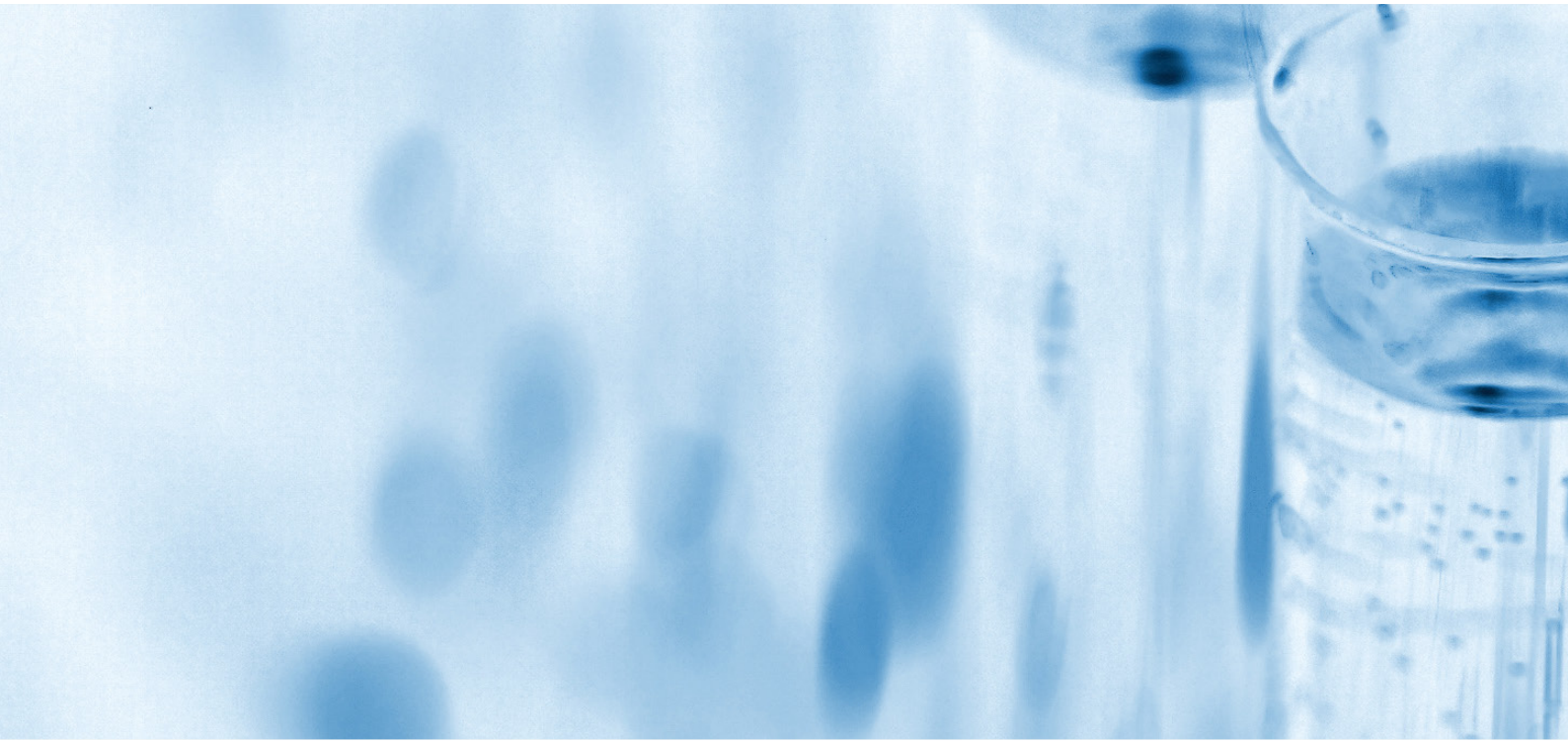
# Dynasylan®

## Сшивка полиэтилена силанами



  
Dynasylan®

 **EVONIK**  
POWER TO CREATE



## Зачем нужно сшивать полиэтилен?

Полиэтилен (ПЭ), термопластичный полимер, отличается способностью к плавке и формовке при повышенных температурах. По этой причине стандартные марки полиэтилена оказываются ограниченными в их применении рамками таких максимальных температур, которые будут значительно ниже, чем температура плавления. Временный скачок температуры может приводить к полному разрушению изделия, например такого, как кабельная изоляция. За счет сшивания термическая стабильность размеров полиэтилена (РЕХ) может быть существенно повышена. Это обеспечивает возможность для того, чтобы использовать продукты из РЕХ в

областях применения с более высокими температурными требованиями, которые превосходят температурные ограничения для нормальных термопластических марок.



## Содержание

- 2 Зачем нужно сшивать полиэтилен?
- 4 Основные методы для сшивания полиэтилена
- 6 Технологии силановой сшивки – привитая сополимеризация и формование
- 7 Технологии силановой сшивки– вулканизация с использованием влаги
- 8 Сшивка кабелей при условиях окружающей среды
- 9 Силановая сшивка полиэтилена – трубы высокого давления
- 10 Обзор продукции



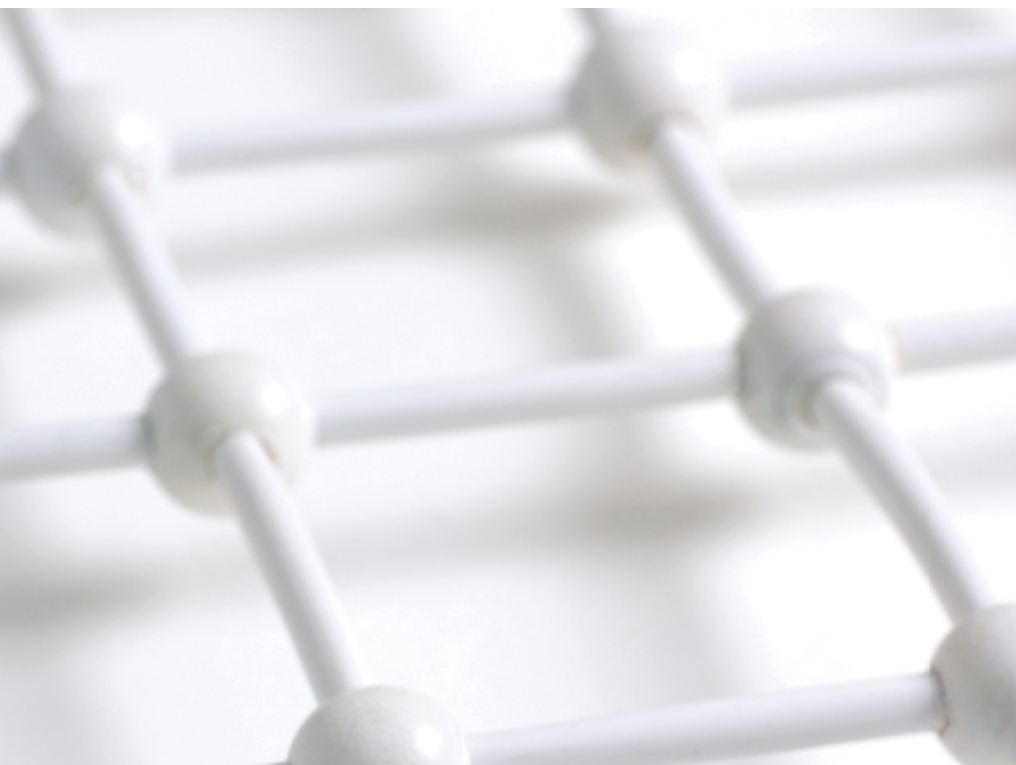
### Использование Dynasylan® существенно повышает термо-реактивную стабильность полиэтилена

При повышенных температурах несшитый полиэтилен легко деформируется и таким образом демонстрирует низкие механические характеристики. Важным испытанием является испытание на тепловую деформацию при 200 °C (392 F), во время которого проверяется деформация при повышенных температурах.



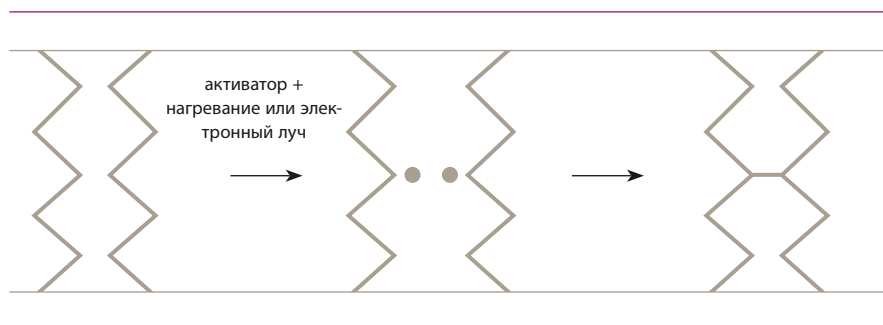
Как это показано на рисунке, несшитый полиэтилен очень легко деформируется. За счет сшивания силаном подвергающийся плавлению полимер сохраняет свою стабильность размеров, и деформация сшитого полиэтилена оказывается минимальной (см. правую часть рисунка). В отличие от этого, несшитый полиэтилен разрушается при воздействии таких повышенных температур (см. левую часть рисунка).

Термореактивная характеристика полиэтилена при 200 °C (392 F), DIN EN 60811-2-1



## Основные методы для сшивки полиэтилена

### Пероксидная и радиационная сшивка



Сшивка полиэтилена с использованием радикалов

Как пероксидная, так и электронно-лучевая технологии сшивки для полиэтилена по своей химической природе являются очень похожими. В обоих случаях образуются радикалы, которые затем соединяются и образуют химическую связь. Данная новая химическая связь дает в результате улучшение механических свойств полиэтилена, которые ассоциируются с полиэтиленом РЕХ. Технология пероксидной сшивки требует того, чтобы во время обработки температурный профиль находился в пределах жестко ограниченного рабочего окна. Особенно важ-

ным является то, чтобы температура технологической обработки предварительно не превышала температуру деградации пероксида, в противном случае полимер будет оказываться сшитым до того, как будет сформовано изделие. Электронно-лучевая сшивка обычно ассоциируется с высокими затратами на технологическую обработку, поскольку в этом случае требуется специальное оборудование с соответствующими высокими капитальными затратами.

## Сшивка силианом

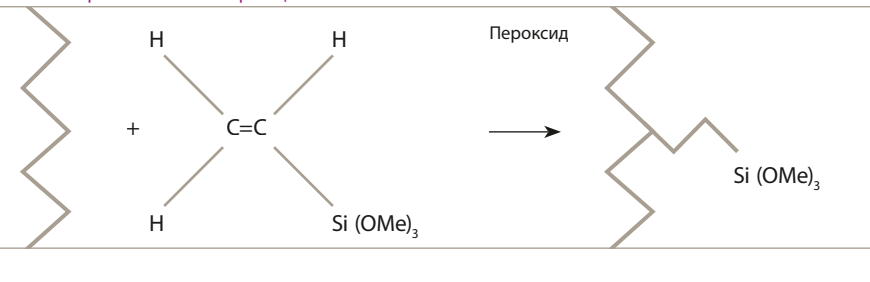
На протяжении последних 30 лет сшивка силианом (PEX-b) зарекомендовала себя, как наиболее экономичный способ сшивки полиэтилена, применяемого для кабелей и труб. В сравнении с другими технологиями сшивки, такими, как пероксидная (PEX-a) или радиационная (PEX-c) вулканизация, сшивка с использованием органических силианов имеет следующие основные преимущества:

- Устойчивый и экономичный процесс
- Экологически чистая технология
- Сшивка происходит за пределами экструдера
- Низкие капитальные затраты
- Высокая гибкость благодаря более широкому технологическому окну
- Высокая производительность
- Небольшие объемы силиана дают в результате превосходное качество

нологией и пероксидным или электронно-лучевым процессами заключается в том, что полимер оказывается измененным химически на первом же этапе. В основном, данная реакция происходит посредством осуществления привитой сополимеризации винилсилана на полимерную цепочку с использованием небольших количеств пероксида. После осуществления привитой сополимеризации полимер все равно остается термопластичным и может использоваться многими способами. Само сшивание всегда происходит за пределами экструдера и инициируется водой, например, в виде водяной ванны, паровой камеры или при условиях окружающей среды. Силановая технология доказала то, что она является самым экономичным способом сшивки полиэтилена.

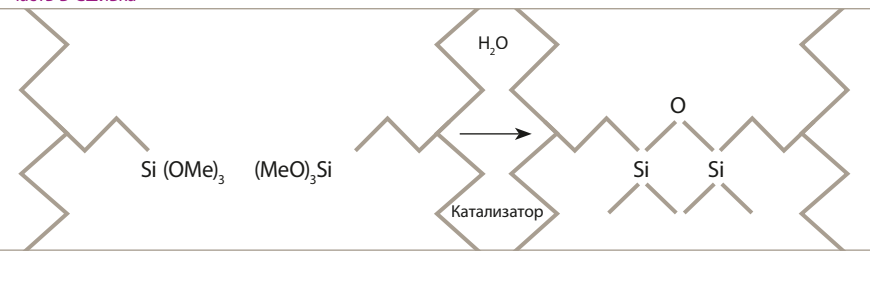
Ключевое различие между силиановой тех-

### Часть А Привитая сополимеризация



Винилсилан прикрепляется к полимерной цепи посредством пероксидной привитой сополимеризации

### Часть В Сшивка



Сшивка происходит за счет конденсации частиц силиана





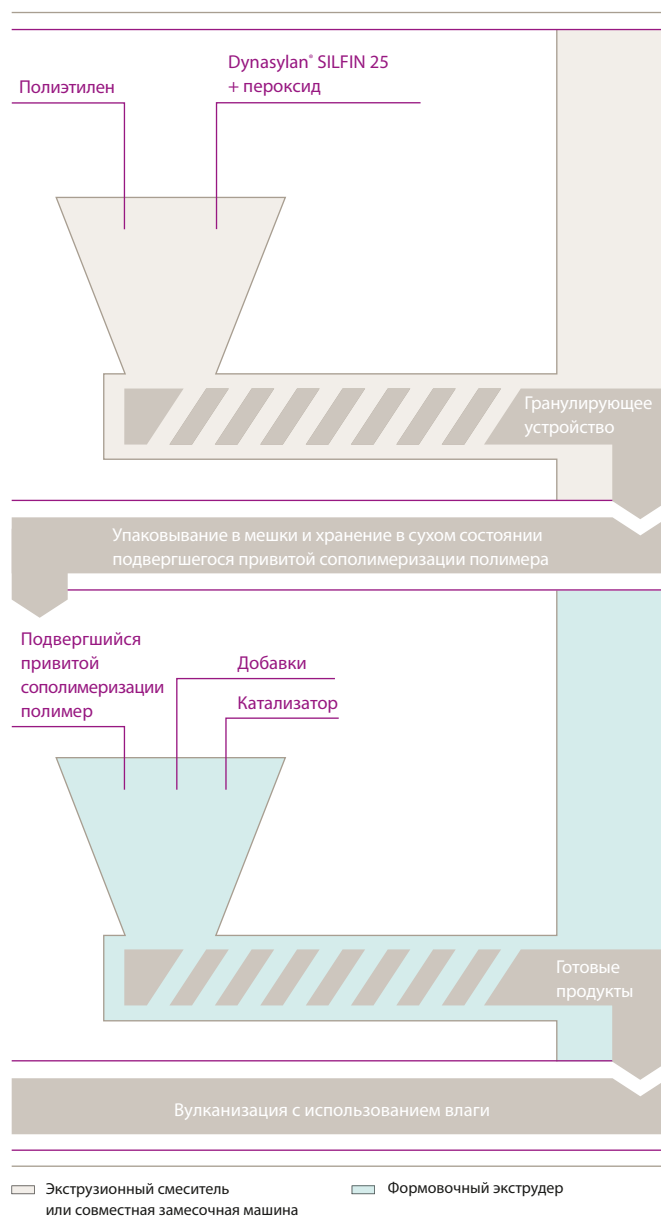
# Технологии силановой сшивки - привитая сополимеризация и формование

## Процесс Sioplas®

Процесс Sioplas® был разработан в 1968 году фирмой «Midland Silicones». Важным этапом здесь является активируемая пероксидом привитая сополимеризация винилсилана на полимерные цепочки. Этот этап обычно осуществляется в таких смесительных установках, как совместные замесочные машины или двушнековые экструдеры. Смесь силан/пероксид добавляется к полимерному расплаву с использованием мембранных или поршневых насосов, в результате чего получается гранулированный продукт, претерпевший привитую сополимеризацию. Данный претерпевший привитую сополимеризацию состав может подвергаться формовке с использованием обычных экструдеров. На данном этапе добавляется мастербатч катализатора, который повышает скорость сшивания.

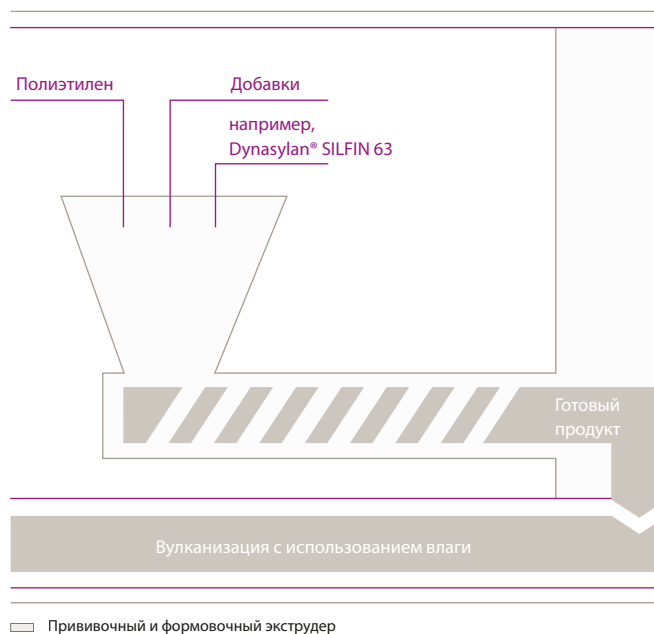
## Силановые сополимеры

Сшиваемые полимеры могут также получаться посредством сополимеризации этилена и винилтриметоксисилана. Такие марки могут поставляться непосредственно производителями полимеров. Заключительный формовочный этап осуществляется способом, сравнимым с процессом Sioplas, на стандартном экструзионном оборудовании. Важным является добавление катализатора и дополнительных присадок (например, стабилизаторов) на этапе формовки.



## Процесс Monosil®

Процесс Monosil®, разработанный фирмами BICC и «Maillefer» в 1974 году, сочетает в себе привитую сополимеризацию, добавление катализатора и формование в рамках одного этапа. Данное достаточно смелое и многообещающее сочетание процессов требует специального экструзионного оборудования. Ключевыми особенностями оборудования являются шнековая конструкция и технология для подачи добавок.



# Технологии силановой сшивки - вулканизация с использованием влаги

Для заключительного этапа сшивки вода имеет решающее значение. Молекулы воды должны проникать в полимер и должны инициировать реакцию гидролиза, после которой следует конденсация получающихся в результате силановых продуктов. Максимально возможное количество молекул воды на поверхности полимера в сочетании с высокими температурами, представляют собой оптимальные условия для проникновения воды и обеспечения реакции сшивки. В качестве логичного результата, наиболее эффективным и быстрым способом является использование водяной ванны при повышенной температуре (80 - 90 °C при атмосферном давлении).

Кроме того, скорость может быть значительно повышена за счет использования повышенного давления. Однако, данный метод требует дополнительных капитальных затрат. Еще одним вариантом является использование пара. Но данный вид сшивания, как правило, характеризуется меньшей скоростью, чем в случае водяной ванны. Сшивка при условиях окружающей среды является наиболее удобным методом, но при этом обычно требуется значительно больше времени для прохождения реакции.

# Сшивка кабелей при условиях окружающей среды

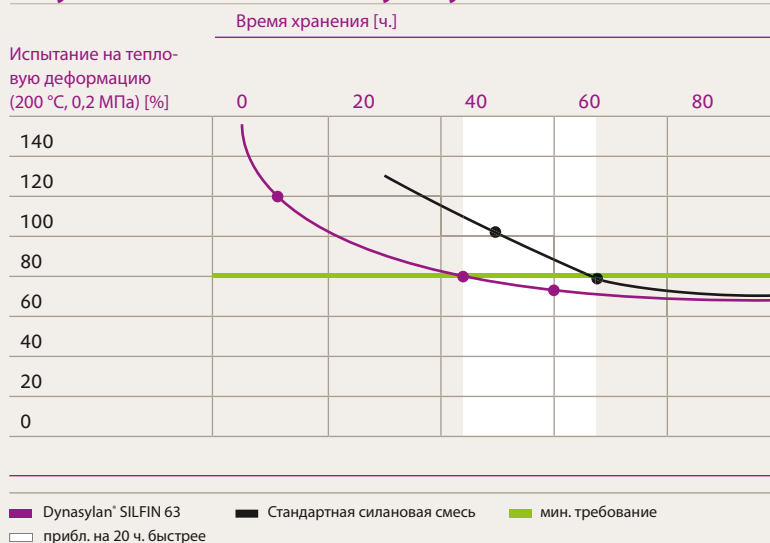
На скорость сшивки у полиэтилена, модифицированного силаном, влияют:

- Сорт силана
- Присутствующее при этом количество молекул воды
- Температура
- Давление
- Эффективность привитой сополимеризации
- Количество катализатора
- Размеры детали, подлежащей сшивке

В случае сшивки при условиях окружающей среды, проблема заключается в том, что имеющееся в распоряжении количество воды ограничено, а температура оказывается существенно сниженной до рамок стандартных методов сшивки. Тем не

менее, сшивка должна происходить. Таким образом, задача заключается в том, чтобы найти систему, которая повышает скорость сшивки при низких температурах и низкой влажности, но без предварительной вулканизации на этапе экструдирования. В сравнении со стандартными системами Dynasytan® SILFIN 63 в значительной степени повышает скорость сшивки кабельной изоляции РЕХ при условиях окружающей среды (см. график).

## Улучшенные свойства Dynasytan SILFIN 63



Dynasytan® SILFIN 63 обеспечивает значительно более быстрое достижение минимальных требований для испытания на тепловую деформацию.

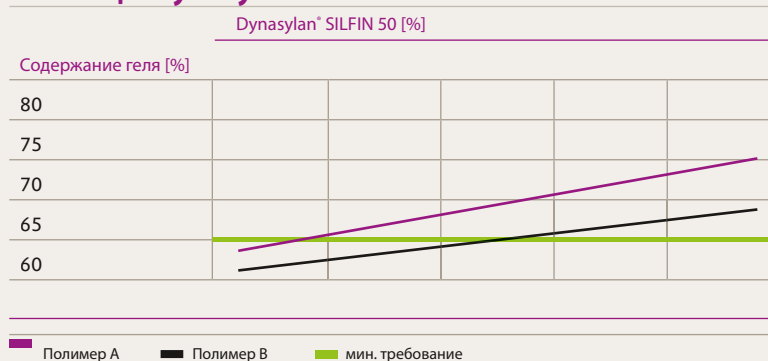


# Силановая сшивка полиэтилена – трубы высокого давления

Трубы из полиэтилена, сшитого с использованием силана, демонстрируют значительно лучшие показатели по высокотемпературной ползучести, чем это наблюдается у труб высокого давления из несшитого полиэтилена, благодаря чему обеспечивается возможность для продолжительной работы при температурах в пределах 90°C. К другим важным преимуществам применения сшитого полиэтилена для труб относятся:

- Повышенная химическая и коррозионная стойкость, полиэтилен РЕХ не растворяется в растворителях
- Значительное снижение веса
- Значительное снижение затрат при укладке труб
- Высокое сопротивление истиранию
- Высокая термостойкость
- Высокая размерная устойчивость
- Повышенная стойкость к образованию трещин
- Превосходная стойкость против быстрого распространения трещин (RCP)
- Использование в бестраншейных применениях
- Никакой коррозии, присущей металлам

## Для полиэтиленовых труб высокого давления может обеспечиваться эффективная сшивка при помощи Dynasylan® SILFIN 50



В зависимости от типа полиэтилена высокой плотности имеется необходимость в варьировании количества Dynasylan® SILFIN 0 для того, чтобы достигнуть уровня содержания геля в 6 %.

Для производства полиэтиленовых труб для снабжения питьевой водой идеальным сшивающим линейным полимером является Dynasylan® VTMO. Во многих странах на Dynasylan® VTMO получен документ о соответствии, выдаваемый контрольными органами.

В случае специального запроса, используйте наше средство поиска решения по адресу в интернете:

[www.dynasylan.com](http://www.dynasylan.com), или связывайтесь с вашим местным торговым представителем.

## Обзор продуктов

Название продукта	Описание и пользование	Применение			Сшивка		Связывание							
		Кабели	Трубы	Наполненные пластиковые компаунды	Одностадийная (Mopolis®)	Двухстадийная (Storlas®)	Полиэтилен	ЭВА/полиэтилен	Полипропилен	Резина	Акриловые полимеры	Эпоксидные полимеры	Ненасыщенный полиэфир	Прочее
<b>Multifunctional Silane Systems™</b>														
Dynasylan® SILFIN 06	Стандартный продукт для кабелей	●			●									
Dynasylan® SILFIN 13	Стандартный продукт для кабелей	●				●								
Dynasylan® SILFIN 22	Стандартный продукт для кабелей	●			●									
Dynasylan® SILFIN 25	Многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ обеспечивает более высокую пропускную производительность	●	●		●	●								
Dynasylan® SILFIN 50	Многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для труб		●		●									
Dynasylan® SILFIN 53	Многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для кабелей, ЛПЭНП.	●			●									
Dynasylan® SILFIN 63	Многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для кабелей, вулканизация при условиях окружающей среды	●			●									
Dynasylan® SILFIN 70	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для сшивки несодержащих галогенов негорючих кабелей			●	●									
Dynasylan® SILFIN 71	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для сшивки несодержащих галогенов негорючих кабелей			●	●									
Dynasylan® SILFIN 75	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для сшивки кабелей	●			●									
Dynasylan® SILFIN 80	Универсальная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для кабелей	●			●									
<b>Аминосиланы</b>														
Dynasylan® AMEO	Связующее вещество для полярных соединений			●				●	●					
Dynasylan® SIVO 214	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для полярных соединений			●				●	●					
Dynasylan® SIVO 210	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для полярных соединений			●				●	●					
Dynasylan® 1189	Высокотехнологичный силан для полярных соединений			●				●	●					

## Обзор продуктов

Название продукта	Описание и пользование	Применение			Сшивка		Связывание							Прочее
		Кабели	Трубы	Наполненные пластиковые компаунды	Одностадийная (Mopolis®)	Двухстадийная (Storlas®)	Полиэтилен	ЭВА/полиэтилен	Полипропилен	Резина	Акриловые полимеры	Эпоксидные полимеры	Ненасыщенный полиэфир	
<b>Винилсиланы</b>														
Dynasylan® VTMO	Винилсилан	●	●	●	●	●								
Dynasylan® VTEO	Винилсилан		●	●	●	●								
Dynasylan® VTMOEO	Винилсилан			●	●	●	●	●	●					
Dynasylan® 6490	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для неполярных соединений			●	●	●	●	●	●					
Dynasylan® 6498	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для неполярных соединений			●	●	●	●	●	●					
Dynasylan® 6598	Высокотехнологичная многофункциональная силановая система Multifunctional Silane System™ для неполярных соединений			●	●	●	●	●	●					
<b>Алкилсиланы</b>														
Dynasylan® 9896	Гидрофобизирующий реагент			●										●
Dynasylan® OCTEO	Гидрофобизирующий реагент			●										●
Dynasylan® IBTEO	Гидрофобизирующий реагент			●										●
<b>Фенилсиланы</b>														
Dynasylan® 9165	Высокотехнологичный силан для высокотемпературных полимеров			●										●
Dynasylan® 9265	Высокотехнологичный силан для высокотемпературных полимеров			●										●
<b>Фторсиланы</b>														
Dynasylan® F 8261	Высокотехнологичный силан для высокотемпературных полимеров			●				●	●					●
<b>Другие функциональные силаны</b>														
Dynasylan® MEMO	Связующее вещество для ненасыщенных соединений									●	●	●	●	●
Dynasylan® GLYMO	Связующее вещество для полярных соединений									●	●	●	●	
Dynasylan® 4144	Высококачественный силан для гидрофильных применений									●	●	●	●	●

## EVONIK RESOURCE EFFICIENCY GMBH

Business Line Silanes  
Rodenbacher Chaussee 4  
63457 Hanau  
Germany

[dynasytan@evonik.com](mailto:dynasytan@evonik.com)

<https://www.dynasytan.com/product/dynasytan/en/contact/>



Данная информация и остальные технические консультации основаны на наших последних данных и собственном опыте. Тем не менее, данное обстоятельство не подразумевает каких-либо обязательств или юридической ответственности с нашей стороны, в том числе в отношении прав третьих лиц на интеллектуальную собственность, особенно патентных прав. В частности, не предоставляются и не подразумеваются никакие гарантии, как прямые, так и косвенные, или гарантии характеристик товара с юридической точки зрения. Мы сохраняем за собой право вносить изменения на основании технического или иного процесса усовершенствования. При этом покупатель не освобождается от обязательства проводить тщательный осмотр и проверку полученных товаров. Эксплуатационные качества указанных здесь товаров должны быть подтверждены надлежащей проверкой, которая должна проводиться квалифицированными экспертами, на условиях исключительной ответственности покупателя. Упоминание торговых марок других фирм не является рекомендацией и не исключает возможности применения других аналогичных товаров.

Названия продуктов Dynasytan®, SILFIN® и SIVO® являются зарегистрированными товарными знаками Evonik Industries или её аффилированных лиц.

RE-211-DEC18TMC