



Система ремонта электрических изделий ЛАБОРАТОРНЫЙ ОТЧЕТ

Дата: 15 августа, 2002

Тема: Испытания герметика PowerPatch™

Исходные данные и цели: Герметик PowerPatch™ является двухкомпонентным герметиком быстрого затвердевания на основе смолы, предназначенный для текущего ремонта преобразователей, муфт, свинцованных кабелей с бумажной изоляцией и других маслосодержащих электрических систем. При капитальном ремонте застывший герметик должен сохранять отличную адгезию и структурную целостность в обычных условиях эксплуатации. Замазка PowerPatch™ является двухкомпонентной, входит в систему PowerPatch™ и предназначена для временной герметизации утечки. Пастообразный герметик наносится на замазку и обеспечивает долговременную герметизацию. В связи с этим первичное испытание рабочих характеристик проводилось на отвержденной замазке.

Посредством описанных ниже испытаний были рассчитаны такие основные свойства герметика PowerPatch™, как адгезия, устойчивость к воздействию окружающей среды, физическая целостность, диэлектрическая прочность и параметры применения.

	Описание испытания	Страницы
1.0	Испытания на адгезию включают точечные испытания на адгезионную прочность, испытания на отрыв под углом 180° и 90°, испытания на срез на различных подложках.	2-4
2.0	Испытания на воздействие окружающей среды, включая цикл размораживания-замораживания и испытания на атмосферное воздействие на застывшем герметике PowerPatch™.	5
3.0	Испытания на физическую прочность включают испытания под давлением, испытания на деформацию при изгибе, динамические испытания.	6-8
4.0	Электрические свойства, включая расчет значений диэлектрической прочности.	8
5.0	Испытания параметров нанесения включают испытание очистки поверхности, адгезии с покрытием, испытания осадки.	8-10

1.0 Испытания на адгезию:

1.1 Точечные испытания на адгезию при различных условиях старения (ASTM D 3808, Качественный анализ адгезии к подложкам при точечной адгезии)

Это испытание, направленно на определение адгезии герметика к различным подложкам. Испытания проводятся на поверхностях электрического оборудования, требующего ремонта. Герметик PowerPatch™ наносится на подложку после того, как поверхность была должным образом отшлифована и очищена. Смазка наносится слоем толщиной 0.5 дюйма с диаметром около двух дюймов. Через определенный промежуток времени уровни адгезии оцениваются посредством откалывания и поддевания. Адгезия к подложкам из нержавеющей стали, алюминия, меди, свинца, керамики и оцинкованной стали рассчитывалась при температуре окружающего воздуха 50° С или при погружении в масло или воду с той же температурой.

Результаты:

Материалы	1 неделя	1 месяц
Окружающий воздух		
Нержавеющая сталь	Отлично	Отлично
Алюминий	Отлично	Отлично
Медь	Отлично	Отлично
Свинец	Отлично	Отлично
Керамика	Отлично	Отлично
Оцинкованная сталь	Отлично	Отлично
Масло		
Нержавеющая сталь	Отлично	Отлично
Алюминий	Отлично	Отлично
Медь	Отлично	Отлично
Свинец	Отлично	Отлично
Оцинкованная сталь	Отлично	Отлично
Водопроводная вода		
Нержавеющая сталь	Отлично	Отлично
Алюминий	Отлично	Отлично
Медь	Отлично	Отлично
Свинец	Отлично	Отлично
Оцинкованная сталь	Отлично	Отлично

PowerPatch™ демонстрирует отличную адгезию к обычным электрическим подложкам в сложных условиях воздействия окружающей среды. Герметик не поддевается отверткой, имеет отличные характеристики по прочности и целостности.

1.2 Испытание на отрыв под углом 180° (Поправка к стандарту ASTM C 794 Метод испытания адгезии при отрыве электрометрических герметиков)

Сопротивление отслаиванию и характеристики адгезии герметика PowerPatch™ были измерены в ходе испытания адгезии на отрыв под углом 180°. В результате испытания было выявлено то, что герметик плохо поддается отрыву.

Была подготовлена металлическая полоска 1x4 дюйма толщиной 0.063 дюйма. С полоски были удалены оксиды путем обработки с использованием ткани, пропитанной абразивом на основе оксида алюминия. Затем полоска была очищена при помощи специальной влажной салфетки TR-1™. Для предотвращения адгезии и обеспечения захвата применялась маскировочная липкая лента. Герметик PowerPatch™ был нанесен на полоску, закрепленную нажатием на полосу размером 1x6 дюймов из сетки 30, выполненной из 304 нержавеющей стали. Герметик наносится толщиной 0.125 дюйма, затвердевает, а затем подвергается искусственному старению в соответствии с условиями, указанными ниже.



Полоска крепится к концу устройства для отрыва, а стальная сетка отрывается под углом 180° с подложки при скорости два дюйма в минуту. Показания тягового усилия регистрируются каждые пять секунд. Окончательное тяговое усилие представляет собой среднее значение всех показателей. Приведенные ниже результаты представляют собой среднее значение двух отдельных тяговых усилий. Эти значения могут изменяться в зависимости от способа применения и условий.

Материалы	Контроль воздуха		Погружение в масло при 50°C
	Температура окружающего воздуха		
	24 часа	1 неделя	1 неделя
	Результаты		
	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)
Нержавеющая сталь	> 100 макс	> 100 макс	> 100 макс
Алюминий	> 100 макс	> 100 макс	76
Медь	> 100 макс	> 100 макс	> 100 макс
Свинец	15.8	16.5	15.7
Оцинкованная сталь	> 100 макс	> 100 макс	> 100 макс

Используемое масло: Диэлектрическое пропиточное масло Dussek PILC (полибутилен).

*Никаких нарушений адгезии на данной подложке. Поверхность герметика и сетка были оторваны. Целостность герметика практически не была нарушена. Адгезия к поверхности оказалась хорошей.

1.3 Испытание на отрыв под углом 90° (Поправка к стандарту ASTM C 794 Метод испытания адгезии при отрыве электрометрических герметиков)

Испытание на отрыв под углом 90° аналогично испытанию на отрыв под углом 180°, однако выполняется на материалах, которые не могут принимать твердую форму. С силового кабеля снимаются оболочки из полиэтилена и ПВХ и крепятся гвоздями к деревянной опорной поверхности. Пластиковые оболочки зачищаются абразивом на основе оксида алюминия (показатель зернистости – 80) и обрабатываются специальной салфеткой TR-1™. Герметик наносится на закрепленную нажатием на полосу размером 1x6 дюймов из сетки 30, выполненной из 304 нержавеющей стали. Края тщательно обрезаются, с подложки снимается поверхностный слой глубиной 0.125 дюйма.

Затем герметик PowerPatch™ необходимо дать застыть. Керамическая поверхность изолятора подготавливается, как описано выше. Подложка закрепляется, и застывший герметик (стальная сетка) отрывается под углом 90°. Самые высокие показатели напряжения усредняются и регистрируются. Указанные ниже результаты являются ориентировочными и могут изменяться в зависимости от способа применения и условий.

Материалы	Контроль воздуха Температура окружающего воздуха		Погружение в масло при 50°C	
	72 часа	1 неделя	72 часа	1 неделя
	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)	фт/дюйм (коэффициент потерь мощности)
Полиэтилен	42.6	48.7	49.7	47.3
ПВХ	39.7	46.4	43.2	64.9
Керамика	> 100 макс	> 100 макс	Сведений нет	Сведений нет

* Используемое масло: Диэлектрическое пропиточное масло Dussek PILC (полибутилен). Если отрыв возможен, происходит удаление адгезива с поверхности подложки. Правильная подготовка поверхности особенно важна в случае с пластиковыми материалами, например, с оболочками кабелей. При использовании надлежащей технологии нанесения герметик PowerPatch™ демонстрирует хорошую адгезию со всеми протестированными материалами. При погружении в масло наблюдается незначительное ухудшение адгезии данных поверхностей.

1.4 Испытание на срез

(Поправка к стандарту ASTM D 1002 Метод испытания прочности на срез соединений внахлестку прикрепленных адгезивом металлических образцов посредством натягивания)

Метод испытания ASTM D 1002 обычно используется для измерения внутренней прочности на срез адгезивов. Как правило, скорее наблюдается отрыв адгезива от поверхности, чем разрушение при срезе внутри самого герметика. Другими словами, прочность на срез герметика PowerPatch™ обычно превышает показатель прочности адгезива.

Полиэтиленовая пластина Юнион Карбайд DFDC-5425, прессованная и имеющая толщину 0.125 дюйма, была разрезана на полосы шириной 1 дюйм и длиной 3 дюйма. Обе полосы были обработаны абразивом (показатель зернистости – 80) и очищены при помощи специальной салфетки TR-1™. Герметик наносится на ½ дюйма полиэтиленовой полосы толщиной ½ дюйма. Вторая полоска укладывается на герметик, на нее оказывается небольшое давление. Другими словами, две полосы приклеиваются друг к другу участками размером ½ x 1 дюйм при помощи герметика. Смазка PowerPatch™ застывает, после чего подвергается искусственному старению в соответствии с указанными условиями. Регистрируется тяговое усилие, прикладываемое для разрыва двух полос. Ниже приведены средние результаты трех испытаний. Эти значения могут изменяться в зависимости от способа и условий применения.

Условия	Результаты (фт/дюйм)
Герметик PowerPatch™, подвергается старению 24 часа	99.4
Герметик PowerPatch™, подвергается старению 1 неделю	114.3

Испытание на срез позволяет также оценить адгезию к полиэтиленовой подложке. Полиэтиленовая пластина используется для обеспечения плотности. Герметик PowerPatch™ демонстрирует хорошую адгезию с полиэтиленом.

2.0 Испытание на воздействие окружающих условий

2.1 Испытание циклом замораживания-размораживания

Застывший герметик PowerPatch™ может подвергнуться экстремальным температурам. Посредством циклического изменения температур измеряется адгезия при различных условиях окружающей среды. Важно, чтобы герметик PowerPatch™ мог прилипнуть к подложке, когда он расширяется и подвергается воздействию экстремальных температур. PowerPatch™ наносится на образец 1x4 дюйма, как и в случае с испытаниями на отрыв под углом 90° и 180°. Образцы застывают при комнатной температуре в течение 7 дней. Затем они помещаются в печи с циркуляцией воздуха при 95°C, а затем в замораживающий аппарат при -30°C попеременно каждые два часа по 10 раз. Затем проводилось испытание на отрыв.

Результаты:

Материалы	Метод испытания	Результаты (фт/дюйм)
Оцинкованная сталь	Испытание на отрыв под углом 180°	>100 макс
Алюминий	Испытание на отрыв под углом 180°	>100 макс
Керамика	Испытание на отрыв под углом 180°	>100 макс
Медь	Испытание на отрыв под углом 180°	>100 макс
Нержавеющая сталь	Испытание на отрыв под углом 180°	>100 макс
Свинец	Испытание на отрыв под углом 180°	19.3

Признаков ухудшения свойств герметика PowerPatch™ после 10 температурных циклов от 95° to до -30° C, обнаружено не было.

2.2 Испытание на воздействие окружающих условий

PowerPatch™ был нанесен на свинцовую поверхность; кабели с полиэтиленовой и ПВХ оболочкой с использованием стандартных инструкций. Поверхность была отшлифована и очищена салфетками TR. PowerPatch™ был оставлен затвердевать на 1 час, после чего был размещен на кровле American Polywater.

Температура варьировалась от -30° до 32° C. Герметик подвергался воздействию дождя, мокрого и сухого снега, солнца и ультрафиолетовых лучей. После 6 месяцев ухудшения свойств PowerPatch™ выявлено не было. Он не удаляется при поддевании отверткой. Видимых признаков отслоения каких-либо поверхностей нет. PowerPatch™ слегка обесцветился на поверхности (толщина <1/16").

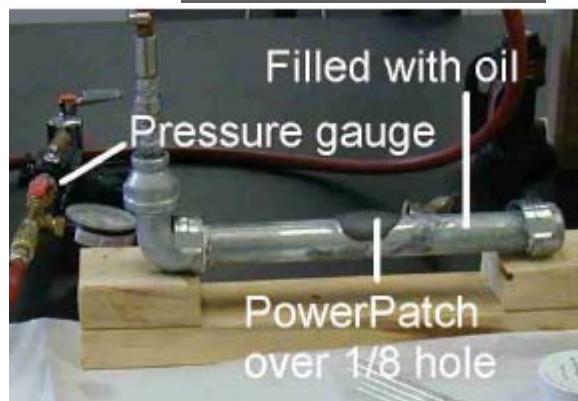
3.0 Испытание на физическую целостность

Маслонаполненный датчик давления

3.1 испытание давлением масла

Испытание давлением было разработано в целях имитации настоящих полевых условий. Маслонаполненное место утечки ремонтируется посредством активного просачивания масла, а затем испытывается при повышенном давлении масла.

Power Patch, нанесенный на отверстие размером 1/8 дюйма



В 1-дюймовой оцинкованной трубе просверливается отверстие размером 1/8 дюйма. Эта труба наполняется маслом (Диэлектрическое пропиточное масло Dussek PILC (полибутилен)). Образуется утечка. Поверхность размером около 1.5 дюйма подготавливается посредством обработки абразивом (показатель зернистости – 80) на основе оксида алюминия. Обработанный участок очищается при помощи салфетки TR-1™, затем на него быстро накладывается временная заплата при помощи смазки PowerPatch™ (смешанной). Эта заплата закрывает область около 1/2 дюйма вокруг просверленного отверстия.

Далее зачищается участок вокруг заплаты при помощи специальной салфетки TR-1™. Смазка PowerPatch™ смешивается и наносится поверх PowerPatch™ на металлическую поверхность с выступом за пределы застывшей замазки минимум на 1/2 дюйма. Смазку следует оставить застывать на 10 минут, затем в трубе увеличивается давление масла. Давление масла устанавливается и удерживается на уровне 2,07 или 6,89 бар. Заплата проверяется при помощи специального мела для обнаружения утечек.

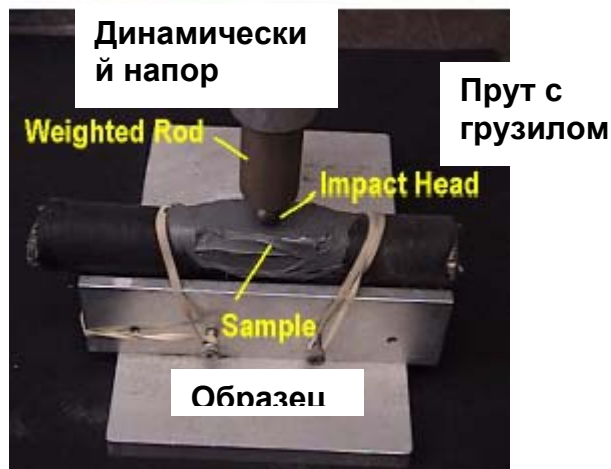
Условие Давление (Бар)	Результаты после искусственного старения	
	1 неделя	1 месяц
2,07	Хорошая герметизация	Хорошая герметизация
6,89	Хорошая герметизация	Хорошая герметизация

PowerPatch™ демонстрирует хорошую адгезию после небольшого периода высыхания и может выдерживать повышенное давление масла при большинстве вариантах применения.

3.2 Динамическое испытание (Поправка к стандарту ASTM G 14; Ударная прочность трубных покрытий)

Динамические испытания герметика PowerPatch™ являются особенно важными, поскольку они позволяют выявить его ударную прочность.

При данном испытании стальной шар размером ½ дюйма и прут весом три фунта бросают с разной высоты для определения ударной прочности герметика PowerPatch™. Испытательная арматура выполняется таким образом, чтобы стальной шар и прут опускались в прямом свободном падении через специальную трубку. Герметик PowerPatch™ наносится на кабель в соответствии с инструкциями. Заплате необходимо дать полностью застыть и затвердеть в течение одной недели. Покрытый кабель прикрепляется к специальному основанию, который позволяет установить его прямо в центре падения веса.



Ударная прочность определяется как количество энергии, необходимой для образования трещин у герметика.

Расчет будет следующим:

$$M = (h \times W) / a_i$$

Где:

M = ударная прочность [(г-см)/мм² или (дюйм-фунт)/фунт².]

h = средняя высота, с которой происходит падение [дюйм или см]

W = вес стального шарика или прутика [г или фунт.]

a_i = зона воздействия стального шарика [дюйм² или мм²]

Результаты являются средним арифметическим значений, полученных в результате 20 испытаний. Эти результаты являются приблизительными и могут изменяться в зависимости от метода применения, условий и возраста герметика.

Испытываемый материал	Ударная прочность (дюйм-фт/дюйм ²)
Герметик PowerPatch™ на свинцовом кабеле 1 ¼ дюйма	817
Герметик PowerPatch™ на полиэтиленовой оболочке 1 ½ дюйма	692
Герметик PowerPatch™ на оцинкованной трубе 1 дюйм	1192

Герметик PowerPatch™ имеет хорошую пластичность. Другими словами, он обладает как гибкостью, так и прочностью для того, чтобы выдерживать нагрузки. Он выдерживает нагрузки гораздо более существенные, чем те, которые оказываются при наступании человеком при проходе (2,46 кг/см²).

3.3 испытания на деформацию при изгибе (Поправка к ASTM D 790 свойства при изгибе армированной и неармированной пластмассы и электроизоляционных материалов)

Гибкость герметика указывает на то, как он сможет выдерживать вибрацию и изгибы. Чем более гибким является герметик, тем лучше он выдерживает вибрацию при сохранении адгезии.

Из каждого герметика были выполнены пластины размером 5 дюймов X ½ дюйма X 1/8 дюйма. Они были помещены в испытательный аппарат, закреплены двумя металлическими болтами на расстоянии 2 дюйма и подвижным болтом в середине. Болт посередине поворачивается по часовой стрелке до тех пор, пока образец не треснет или не расколется. Для определения деформации измеряется длина, на которую болт вставляется в пластину. Это значение используется в дальнейшем для расчета растяжения застывшего герметика.



Расстояние между опорами

Гибкость, $r = 6dD/L^2$

Где:

D = прогиб в средней точке

r = усилие (дюйм/дюйм)

L = расстояние между опорами (дюймы)

d = глубина балки (дюймы)

Испытания на деформацию при изгибе	Растяжение (r)
Герметик PowerPatch™, подвергавшийся старению в течение 1 недели	$39/1 \times 10^{-3}$ дюйм/дюйм

Более значительное растяжение (r) перед разломом указывает на более высокую гибкость. PowerPatch™ обладает достаточно хорошей гибкостью. Такое напряжение при изгибе может возникать в результате теплового расширения, изгибания, вибрации и прочих нагрузок, оказываемых на поверхность кабеля.

4.0 Электрические свойства

4.1 испытание на диэлектрическую прочность

Герметик PowerPatch™ смешивается при необходимых пропорциях. Были сделаны 10 образцов-пластин размером 3"x4"x~.09". Образцы были отправлены в компанию Doble, а диэлектрическая прочность измерена в соответствии с методом ASTM D 149.

Для данного испытания использовался метод скорости нарастания 2000 вольт в секунду. Использовались электроды типа 3 с диаметром 0.25 дюйма. Для предотвращения поверхностных пробоев испытания проводились в изоляционном масле.

Результаты были следующими:

Средняя толщина образца: 0.23 мм

Среднее напряжение пробоя: 43 кВ

Диэлектрическая прочность: 450 вольт-мил

5.0 Параметры нанесения

5.1 Испытание на адгезию к загрязненной маслом поверхности

PowerPatch™ предназначен для герметизации утечек масла. Такие поверхности характеризуются наличием масляных загрязнений. Данное испытание позволяет измерить адгезию к загрязненной маслом поверхности после очистки с использованием нескольких методик.

Образцы из меди, свинца, оцинкованной стали, полиэтилена и ПВХ были погружены в масло (Диэлектрическое пропиточное масло Dussek PILC (полибутилен)) на 72 часа. Затем образцы были извлечены и очищены при помощи одного из следующих средств: Тип TR™, Тип HP™ или сухой салфетки (из полиэстера или целлюлозы). Герметик

PowerPatch™ наносится на подготовленную поверхность. Показатели адгезии после 72 часов рассчитываются при помощи испытания на отрыв.

		Сухая салфетка	TR™	HP™
Материалы	Метод испытания	фт/дюйм	фт/дюйм	фт/дюйм
Медь	Отрыв под углом 180°	> 100 макс	> 100 макс	> 100 макс
Свинец	Отрыв под углом 180°	9.3	19.8	19.4
Оцинкованная сталь	Отрыв под углом 180°	> 100 макс	> 100 макс	> 100 макс

Надлежащая очистка и подготовка поверхности является принципиально важной для адгезии данного продукта. Наилучшая адгезия возможна только при тщательно очищенной поверхности. Герметик PowerPatch™ имеет отличную адгезию с поверхностями, очищенными при помощи специальных растворителей Polywater. При чистке сухой салфеткой остаются загрязнения, которые мешают хорошей адгезии.

5.2 Испытание адгезии лакокрасочного покрытия ASTM D3359 метод испытания В Испытание с поперечным разрезом.

Метод испытания ASTM D3359 В с поперечным разрезом используется для проверки адгезии лакокрасочного покрытия к герметику PowerPatch™. Подготавливается пластинка размером 1 дюйм путем смешивания герметика PowerPatch™, которая укладывается на специальную форму и оставляется застывать на 15 и 30 минут. Затем пластинка снимается и наносится лакокрасочное покрытие. При данном испытании используется верхнее эмалевое покрытие G13606 Munsell Green от PPG Industries, Inc. и One-Blend™ - водоразбавляемая алкидная краска для распыления от Omni Pak (Sherwin Williams). Окрашенная поверхность остается высыхать на 24 часа, затем осуществляется испытание с поперечным разрезом. На окрашенной поверхности лезвием делается 11 параллельных разрезов на расстоянии 1.5 мм друг от друга. Разрезы имеют длину ¾ дюйма; два набора разрезов выполняются перпендикулярно. Самоприклеивающаяся лента накладывается на сетку и разглаживается пальцами. Лента снимается через одну-две минуты под углом 90°. Регистрируется процент снятой вместе с ней краски.

Время застывания PowerPatch™	Результаты (верхнее покрытие)
15 минут	Снято 0% краски
30 минут	Снято 0% краски
	Результаты (One-Blend™)
15 минут	Снято 0% краски
30 минут	Снято 0% краски

Краска имеет отличную адгезию к герметику PowerPatch™ и может наноситься в течение 15 минут.

5.3 Испытание на вертикальный прогиб

Смазка PowerPatch™ должна легко прилепляться к вертикальным поверхностям, труднодоступным углам, которые часто встречаются при полевом ремонте. При высыхании смазка должна оставаться такой же, как и при нанесении: она должна центрироваться поверх места утечки и иметь должную толщину.

В данном испытании смазка PowerPatch™ смешивается и наносится на пластину 3x1.75x0.25 дюйма. Через одну или две с половиной минуты после смешивания двухкомпонентной смазки PowerPatch™ пластина отрывается под углом 90°. Временем

затвердевания считается период, за который герметик PowerPatch™ стал твердым на ощупь и не деформируется при легком прикосновении пальца. Центр массы определяется нахождением точки равновесия. Расстояние между центром пластины и центром массы измеряется для определения наплывов пасты при ее затвердевании.

Время, когда пластина находится под углом 90°	Время затвердевания	Температура	Смещение от центра
2.5 минуты	10 минут	60° F	0 дюймов
2.5 минуты	6 минут	75° F	0/16 дюйма
1 минута	3 минуты	95° F	3/32 дюйма
1 минута	2.5 минуты	110° F	3/16 дюйма

Незатвердевшая смазка PowerPatch™ имеет хорошую устойчивость к образованию наплывов при любых температурах.

Вывод:

Надлежащая подготовка поверхности, является основным фактором, который позволяет оптимизировать адгезию и эксплуатационные характеристики герметика PowerPatch™. Все лабораторные испытания осуществлялись при тщательной подготовке поверхности. Эти лабораторные испытания вместе с многочисленными полевыми испытаниями на преобразователях, муфтах, освинцованных кабелях с бумажной изоляцией и других маслonaполненных электрических системах, проведенные в США, показали то, что герметик PowerPatch™ обладает адгезией, физической целостностью, стойкостью к естественным условиям окружающей среды, которые позволяют обеспечить долговременную и надежную герметизацию. При нестандартных поверхностях или специфических воздействиях среды рекомендуется провести особые испытания.