

Общие сведения

В настоящем бюллетене обсуждаются вопросы долговечности и работоспособности вспененных акриловых лент VHB™ при продолжительном использовании в жестких условиях. Вопрос долговечности будет рассмотрен с различных точек зрения, включая химический состав, стойкость в суровых атмосферных условиях, результаты испытаний долговечности продукции в лабораториях 3M и независимых испытаний. Также будут рассмотрены некоторые применения, в которых клейкие ленты VHB™ подтвердили свою работоспособность в различных условиях. Обсуждаются результаты испытаний влагостойкости, стойкости к ультрафиолетовому облучению, усталостной стойкости и климатических испытаний.

Химический состав

Компания 3M занимает лидирующее положение в технологии акриловых самоклеящихся клеевых составов уже более 30 лет. Долговечность клейких ленты на вспененной акриловой основе и клеепереносящих лент с торговой маркой 3M™ VHB™ определяется структурой входящих в их состав полимеров. Основная цепь полимера содержит только одиночные связи между атомами углерода; эта химическая связь обладают высокой прочностью и полимер устойчив к воздействию тепла, ультрафиолетового облучения, химических реагентов. В случае менее долговечных вспененных полимеров, воздействие тепла или ультрафиолета приводит к разрыву основной цепи макромолекулы полимера и, следовательно, к ослаблению механической прочности. Однако, в случае вспененных акриловых лент, эти воздействия приводят не к расщеплению, а к образованию новых химических связей между полимерными цепями. Это приводит к медленному возрастанию модуля упругости акрилового полимера с течением времени и, в конечном счете, к прочному и долговечному клеевому соединению при использовании вспененных акриловых клейких лент VHB™.

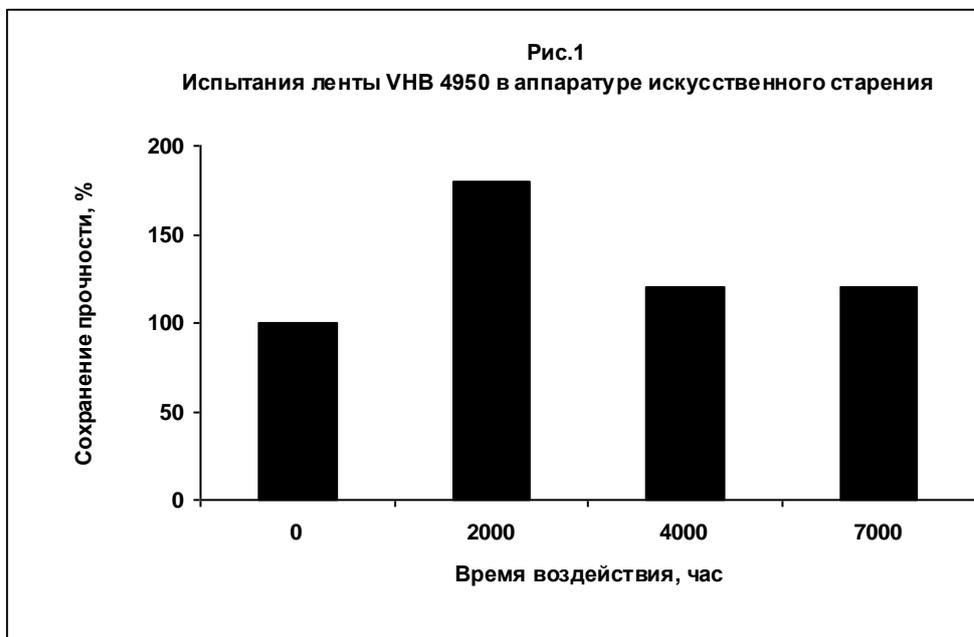
Испытания на долговечность

Температурное воздействие

Ввиду разнообразия задач, для решения которых используются акриловые ленты VHB™, срок службы является важнейшей характеристикой этих продуктов. Для клейких лент критичным является сохранение адгезии к поверхности после длительного воздействия повышенных температур. Клеепереносящая лента VHB™ F-9473PC сохраняет 92% прочности при отслаивании от поверхности после состаривания рулона при температуре 65°C в течение более 5 лет. При этом характеристики начальной адгезии и удаляемости защитного слоя остаются превосходными. Незначительная разница значений прочности на отслаивание свидетельствует о том, что рулоны этой ленты относительно мало меняют свои свойства в результате длительного воздействия повышенных температур. Клеевые соединения на основе лент VHB могут выдержать периодические кратковременные воздействия высоких температур: до 150°C для большинства вспененных акриловых лент и до 260°C для клеепереносящих лент.

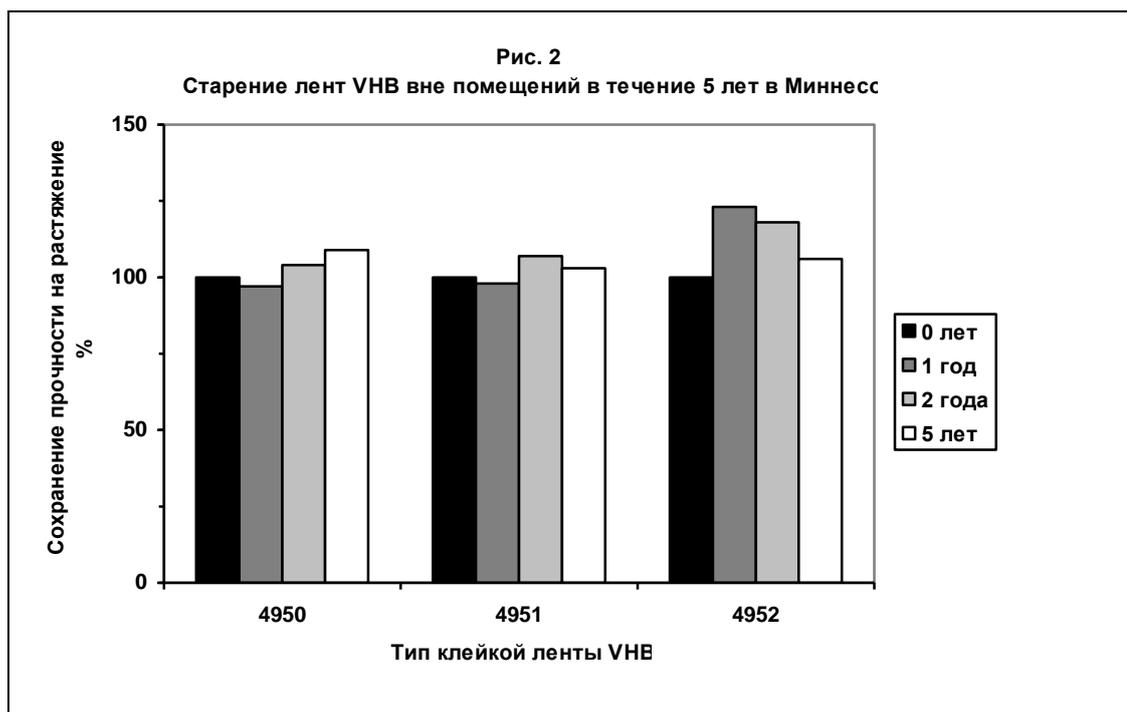
Ускоренное климатическое старение

Испытания по ускоренному старению проводились в климатической камере, где клеевые соединения подвергались циклическому воздействию повышенной температуры, влажности и ультрафиолетового облучения. В этих испытаниях исследовалась динамическая прочность на сдвиг при соединении внахлест пластин нержавеющей стали с помощью ленты VHB™ 4950. Благодаря небольшим размерам образцов обеспечивалось усиленное воздействие ультрафиолетового излучения на края соединения. Как показывает рисунок 1, прочность клеевого соединения не упала по сравнению с исходными характеристиками даже после 7000-часовых испытаний в аппаратуре искусственного старения.



Естественное климатическое старение

Для сбора данных о долговечности семейства клейких лент VHB™ проводились климатические испытания вне помещений в штатах Аризона, Флорида и в других местностях по всему миру. Как правило, в этих испытаниях для некоторых лент VHB™ демонстрировалось почти 100% сохранение прочности в соединениях алюминия, стекла, поливинилхлорида и окрашенного металла после естественного старения в течение 2-5 лет в жарком и влажном климате Флориды; жарком, сухом и очень солнечном – Аризоны; с большими перепадами температур – Миннесоты. Рис. 2 демонстрирует сохранение прочностных характеристик лент VHB™ 4950, 4951 и 4952 после старения в течение 5 лет вне помещений в Миннесоте. Схожие результаты были получены в ходе пятилетних испытаний лент VHB в Японии.



Стойкость к влаге и растворителям

Испытания адгезии проводились на алюминиевых образцах, соединенных клейкой лентой VHB™ 4945. Образцы погружались на срок более 10 лет в воду с 5% содержанием соли и обычную водопроводную воду. После испытания под слоем клеящего состава была видна чистая блестящая алюминиевая поверхность. При разрушении клеевого соединения наблюдались как отклеивание ленты, так и разрушение клеевого слоя, что указывает на высокую адгезию к поверхности после воздействия воды. Продолжительное воздействие повышенной влажности или погружение в воду может сделать полимер более эластичным, допускающим значительное удлинение при растяжении. Измерения показывают, что после многодневного воздействия воды, в дальнейшем прочность ленты на разрыв снижается, обычно на величину порядка 40%. Аналогичный эффект снижения прочности при погружении в воду с одновременным снижением модуля упругости является типичным и часто наблюдается у силиконовых герметиков, получивших признание благодаря своей долговечности. После высыхания клеевого соединения, выполненного с помощью ленты VHB™ в нормальных условиях, его прочность восстанавливается до исходной величины, так что данный эффект является обратимым.

При попадании брызг или после иного случайного контакта с растворителями, например, горюче-смазочными материалами, спиртами, очистителями клея, аналогичными MEK, и даже кислотами и щелочами в слабой концентрации, измерения не показали какого-либо их влияния на качество клеевого соединения. Только после продолжительного погружения в агрессивные горюче-смазочные материалы или растворители наблюдалось размягчение клеевого слоя или вспененной основы. Однако, хотя клейкие ленты VHB™ способны противостоять случайным контактам с подобными химическими реагентами, не рекомендуется подвергать их продолжительному воздействию.

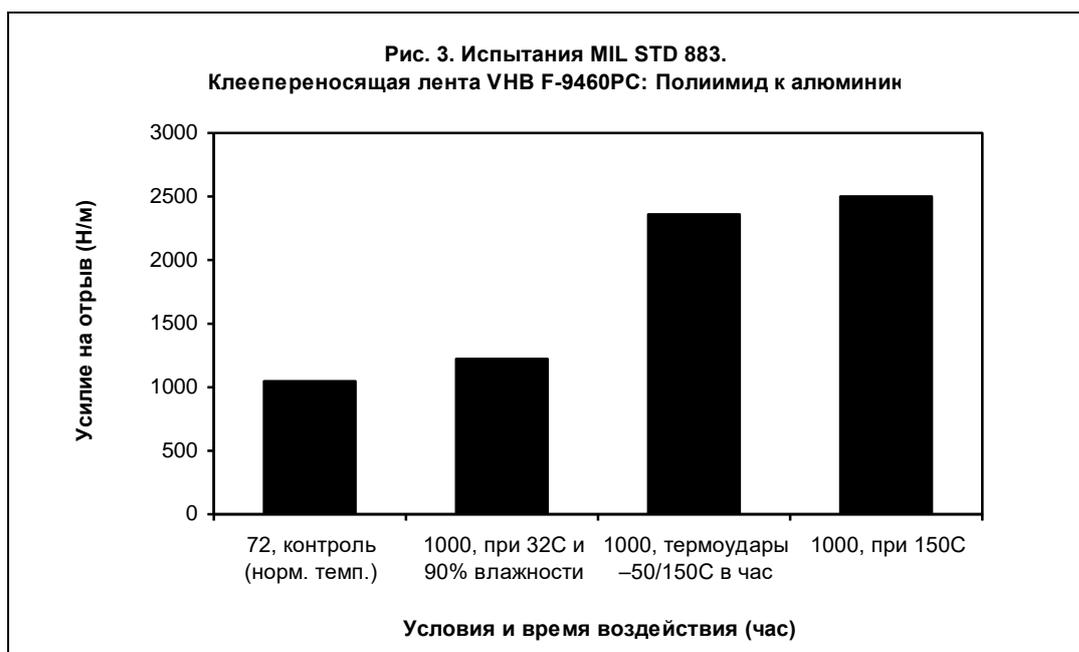
Прозрачность

Для прозрачных акриловых лент, например, VHB™ 4910 и 4905, также важно сохранение прозрачности и внешнего вида в ходе длительной эксплуатации. Были проведены испытания в течение 3000 часов на установке ускоренного старения, где клеевые соединения подвергались воздействию высоких температур и ультрафиолетового облучения. Образцы представляли собой две стеклянные пластинки толщиной 3мм, склеенные между собой прозрачной лентой VHB™ 4910 толщиной 1 мм. В течение испытаний периодически измерялся коэффициент оптического пропускания, который составлял от 88.2% в начале испытаний до 87.3% в конце. Таким образом, после столь

продолжительных и суровых испытаний наблюдается потеря прозрачности лишь в 1%. Однако в условиях повышенной влажности возможно помутнение лент VHB™ 4910 и 4905 из-за незначительного поглощения молекул воды. Поскольку для всего семейства клейких лент VHB™ используются одни и те же акриловые полимеры, приведенные результаты позволяют сделать вывод о стабильности свойств, присущей всему семейству вспененных акриловых лент VHB™.

Термошок

Клейкие ленты VHB™ показали хорошие характеристики в термошоковых испытаниях; клеевые соединения выдерживаются 1000 часов при температуре 150°C, 1000 часов при температуре 85°C и относительной влажности 85%, и в течение 1000 часов каждый час подвергаются термическому удару – изменению температуры от -50°C до 150°C. Рисунок 3 показывает способность клеопереносящей ленты VHB™ F-9460PC выдерживать термический шок в соединении полиимида с алюминием. Прочность клеевого соединения возрастает со временем, благодаря более полному смачиванию поверхностей клеевым составом.

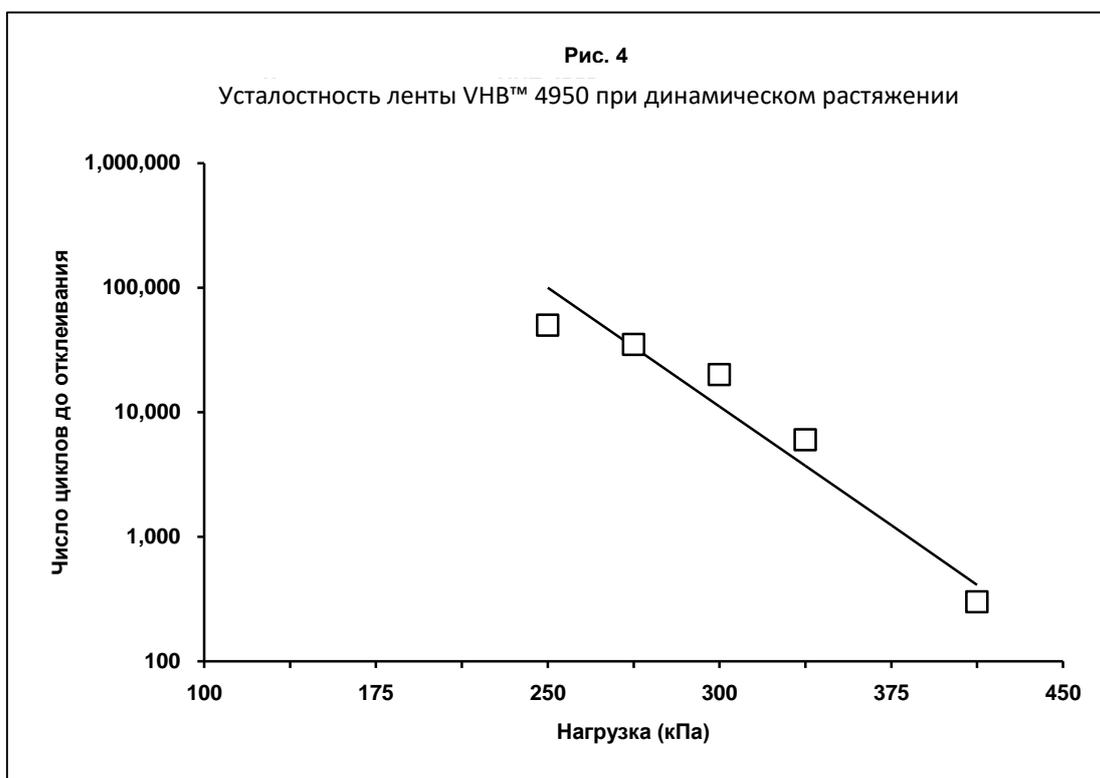


Усталостная прочность

Еще один фактор, определяющий долговечность соединения – усталостная прочность. При многих видах испытаний клеящих составов измерение прочности на отслаивание, на сдвиг и на разрыв проводится в кратковременном режиме, когда разрушение образца происходит в течение нескольких секунд. Эти испытания удобны, когда требуется быстро охарактеризовать стойкость к пиковым нагрузкам, но они не дают сведений о способности изделия переносить вибрации или повторяющиеся нагрузки. Поскольку пользователи применяют клейкие ленты VHB™ во многих приложениях, где требуется усталостная

стойкость, например, на грузовиках и прицепах, знаковых и строительных панелях, в вагонах компания 3М разработала испытание, позволяющее охарактеризовать указанные свойства.

Испытываемые на растяжение в установке, создающей постоянное усилие, образцы подвергались циклической нагрузке в широком диапазоне механических напряжений. Нагрузки выбирались таким образом, чтобы разрушение соединения происходило через различные промежутки времени. По мере уменьшения нагрузки образцы выдерживали все больше и больше циклов, и эта тенденция может быть графически представлена в полулогарифмическом масштабе, как изображено на рис. 4. Использование полулогарифмического представления приводит к графику в виде прямой линии, который помогает предсказать характеристики долговечности при меньших нагрузках, для которых непосредственное измерение трудно выполнимо практически. Давая оценку срока службы изделия при циклически действующих нагрузках, эти данные допускают экстраполяцию с целью оценки максимально допустимого конструктивного механического напряжения. Для вспененных акриловых лент типичное значение составляет около 140 кПа при одном миллионе циклов знакопеременной нагрузки. Клейкие ленты VHB™ показывают в этих испытаниях хорошие результаты – вязкоупругий акриловый полимер поглощает и рассеивает энергию, ослабляет механическое напряжение, тем самым помогая сохранить целостность клеевого соединения с поверхностью.



Примеры практического применения

Несмотря на многочисленные результаты испытаний, лучшим подтверждением долговечности акриловых вспененных лент VHB™ является практический опыт их применения. Клеепереносящие ленты VHB™ используются с середины 70-х, а вспененные акриловые клейкие ленты VHB™ применяются с 1980 г.

Одно из самых первых и наиболее зримых применений вспененные ленты VHB™ нашли в кузовах автомобилей скорой помощи. Алюминиевые панели, составляющие кузов, наклеивались на каркас автомобиля с помощью ленты VHB™. Для такого применения требуется высокая долговечность, позволяющая эксплуатировать транспортное средство в различных условиях в течение многих лет.

Другим примером долговечного применения с превосходным качеством является конструкция облицовки стен, например, у здания Министерства финансов Сингапура. Там для противодействия ветровым нагрузкам внешние панели прикрепляются к поверхности стены с помощью скрытых ребер жесткости. Эти клеевые соединения должны переносить ветровые нагрузки, ежедневные циклы температурного расширения и повышенные окружающие температуры. Аналогичные примеры применения в конструкции стен и фасадов зданий имеются по всему миру. Выполненные с помощью клейких лент VHB™ дорожные знаки, находящиеся в эксплуатации с начала 80-х, также показали свою стойкость в условиях постоянного воздействия окружающей среды и способность амортизировать ветровые нагрузки.

Одним из самых требовательных было применение клейкой ленты VHB™ на внешней поверхности самолетов. На некоторых серийных моделях самолетов имеются противоизносные накладки из нержавеющей стали, которые крепятся к алюминиевой поверхности закрылков. Эти панели помогают предотвратить абразивный износ в зоне между закрылком и нижней поверхностью крыла во время движения закрылков при взлете и посадке самолета, а также при вибрации в ходе полета. Для крепления этих панелей с 1984 г. используется клеепереносящая лента VHB™ 9473. В данном применении долговечность приобретает ключевое значение, поскольку клеевое соединение подвержено действию широкого диапазона температур – от нагревания обшивки прямыми солнечными лучами на земле до температуры -54°C на больших высотах. К тому же такой температурный цикл может неоднократно повторяться в течение одного дня.

С 2006 года на вентилируемом фасаде высотного здания в Москве ребра жесткости прикреплены на вспененную акриловую ленту VHB™ 4957. За срок более десяти лет лента показала способность выдерживать как высокие температуры летом, так и мороз зимой. Важно отметить, что лента выдерживает динамические ветровые нагрузки, в том числе и в холодное время года. Это подтверждает, что ленты VHB™ не теряют эластичности и не становятся хрупкими при охлаждении.

Важное замечание

Все утверждения и технические данные, изложенные в настоящем документе, основаны на результатах экспериментов и испытаний, которые мы считаем достоверными; однако их полнота или точность не гарантируется компанией 3М. Пользователю следует убедиться в соответствии конкретной клейкой ленты марки 3М™ VHB™ предполагаемой цели использования и применяемому способу наклеивания.