

## Сущность процесса и область применения химической сварки

---

Сущность процессов, протекающих при химической сварке, заключается во взаимном смачивании соединяемых поверхностей и в образовании химических связей между макромолекулами полимера, находящимися на приведенных в контакт соединяемых поверхностях. Прочность и другие характеристики сварного шва обусловлены не только действием в зоне соединения сил межмолекулярного взаимодействия, как это имеет место при диффузионно-реологической сварке, но, главным образом, возникновением химических связей.

Химической сваркой соединяют как полимерные материалы, не соединяемые диффузионно-реологической сваркой (не полностью отвержденные реактопласты, вулканизаты, редкосетчатые термопласты и линейные полициклические полимеры, некоторые разнородные полимерные материалы), так и некоторые виды термопластов с кристаллической и ориентированной структурами, способные соединяться диффузионно-реологической сваркой.

Технологический процесс химической сварки в общем случае, независимо от типа полимерного материала, включает следующие операции:

- подготовка (главным образом, очистка соединяемых поверхностей);
- нанесение присадочного материала (реагента);
- приведение соединяемых поверхностей в контакт;
- прогрев или облучение зоны шва при условиях, обеспечивающих образование химических связей в свариваемых слоях.

В отличие от склеивания при химической сварке промежуточные слои или присадочные реагенты не образуют самостоятельной непрерывной фазы, которая своими свойствами существенно отличается от свойств соединяемых материалов.

Можно выделить две разновидности химической сварки:

- без присадочного материала;

- с применением присадочных материалов, вводимых в зону контакта соединяемых поверхностей.

Сварка без присадочного материала осуществляется, как правило, нагревом введенных в контакт свариваемых поверхностей. В химической структуре звеньев, составляющих макромолекулярные цепи термопластов, могут оказаться функциональные группы, сравнительно легко вступающие в химические реакции с функциональными группами контактирующего материала. Такую реакционную способность можно использовать для создания высокопрочного соединения.

Успех такого способа сварки материалов, основанный не столько на диффузии, сколько на химической реакции в пограничном слое, зависит от многих факторов. Для осуществления химической сварки необходим тесный контакт между соединяемыми поверхностями и химическая реакция соединения, в которую вовлекаются функциональные группы участков макромолекул, расположенных на контактирующих поверхностях.

Температура, при которой выполняют химическую сварку, всегда ниже температуры вязкотекучего состояния полимера.

При химической сварке с присадочными материалами в качестве последних используют различные реагенты. Это может быть раствор исходного материала с инициатором реакции полимеризации, для некоторых отвержденных смол – тонкий слой отвердителя, другие химические соединения, способные инициировать возникновение связей между контактирующими поверхностями.

Существуют два механизма действия этих реагентов.

1. Молекулы реагентов участвуют в образовании сшивки (поперечных связей) между поверхностями.
2. Присутствие этих реагентов повышает реакционную способность материалов, увеличивая количество свободных функциональных групп или увеличивая их активность.

Для выполнения химической сварки независимо от типа полимера необходимо выбрать присадочный реагент, его расход на единицу поверхности шва и назначить температуру, продолжительность нагрева и давление при контактировании соединяемых материалов.

Во многих случаях сварной шов, получаемый методом химической сварки, не отличается по своей структуре и по агрегатному состоянию от основного материала.

Решающее влияние на выбор условия и режимов химической сварки оказывает химическая структура полимера – основного компонента полимерного материала. Именно химическая структура полимера определяет механизм вторичных химических реакций в зоне контакта соединяемых поверхностей, на которых основана сварка рассматриваемым способом.

Процесс химической сварки является более производительным, чем склеивание, легко поддается механизации и автоматизации; соединение можно нагружать сразу же после его изготовления, параметры окружающей среды не имеют существенного влияния на качество выполняемого соединения, отсутствуют напряжения и ослабление околошовной зоны.

К основным недостаткам способа можно отнести необходимость применения индивидуальной специальной оснастки, отсутствие возможности визуального контроля процесса сварки, сложность применения в монтажных условиях.



## Химическая сварка термопластов

---

При диффузионно-реологической сварке кристаллических полимеров происходит расплавление кристаллов в пограничных зонах и их рекристаллизация после окончания процесса взаимной диффузии. Поскольку степень кристалличности и строение кристаллических образований определяется температурой и длительностью выдержки полимера при температуре кристаллообразования, строгое соблюдение режимов сварки особенно важно; в противном случае степень кристалличности и форма кристаллических образований в сварном шве и в толще материала будут резко различаться, а следовательно, будут отличаться плотности и их механическая прочность.

Диффузионно-реологическая сварка ориентированных полимеров сопровождается дезориентацией в слоях, близлежащих и непосредственно принимающих участие во взаимной диффузии молекул. Это приводит к увеличению различия в прочности между основным материалом и сварным швом.

Поэтому для высококристаллических и ориентированных полимеров наиболее приемлем метод соединения путем сшивания соединяемых поверхностей химическими связями. При химическом сшивании нет необходимости нагревать полимер до температуры вязкотекучего состояния, которое приводит к нарушению кристалличности и ориентации в сварном шве.

Химическая сварка термопластов осуществляется преимущественно с помощью присадочных материалов, способных образовать переходный слой, структура которого аналогична структуре материала соединяемых деталей. Для нанесения на соединяемые поверхности присадочные материалы растворяют в подходящем растворителе. Рекомендуемые присадочные материалы для химической сварки термопластов приведены в справочной литературе.

Химическая сварка термопластов с использованием присадочных материалов возможна при следующих условиях:

- скорость взаимодействия присадки с термопластом должна быть больше скорости диффузионных процессов;
- пластическое течение аморфной фазы материала должно обеспечиваться только в соединяемых слоях, а остальной материал должен иметь температуру ниже температуры плавления или разориентации кристаллической фазы полимера;
- растворитель для присадки должен вызывать набухание и быстро испаряться с его поверхности.

Химическая сварка термопластов без применения присадочных полимеров может быть выполнена при действии на материал в зоне шва нейтронного или рентгеновского излучения достаточной мощности, либо электрического поля высокой частоты.



## Химическая сварка реактопластов

---

При химической сварке реактопластов используется способность поверхностных слоев отвержденного стеклопластика к эластическим и пластическим деформациям и к химической реакции дальнейшего отверждения. Сварка отвержденных реактопластов зависит от природы функциональных групп полимера, механизма и степени отверждения материала, поскольку степень отверждения влияет на концентрацию функциональных групп и пластичность материала и может служить критерием способности реактопластов свариваться. Отсутствие пластических деформаций в материале с высокой степенью отверждения не позволяет получить соединение с удовлетворительной прочностью.

Основные свойства деталей из реактопластов, определяющие их способность к химической сварке, следующие:

1. реакционная способность слоев реактопластов, проявляющаяся в наличие в них функциональных групп;
2. определенная степень отверждения поверхностной полимерной пленки и её способность к пластическим и эластическим деформациям;
3. способность поверхностного рельефа деформироваться и образовывать площадь контакта на соединяемых поверхностях, равную номинальной;
4. определенная толщина поверхностной полимерной пленки (не менее 0,1 мм);
5. высокая когезионная прочность поверхностной пленки, прочная связь с последующими слоями и отсутствие на ней антиадгезионных смазок и других загрязняющих веществ.

Для химической сварки отвержденных реактопластов необходимо в процессе формирования деталей, идущих на сборку, обеспечить недоотвержденность и остаточную пластичность полимера в поверхностном слое.

При малой толщине поверхностной пленки на пластике и высокой степени его отверждения (более 85%) рекомендуется применять химическую сварку с присадкой, в качестве которой используется одно- или

двухкомпонентное вещество, способное реагировать с функциональными группами связующего отвержденного пластика. Количество присадки, наносимой на соединяемые поверхности, должно быть минимальным ( $5 \text{ мг/см}^2$ ), но достаточным для заполнения межвыступного пространства микрорельефа поверхности детали. На практике в качестве присадочного материала часто применяют пленку реактопласта на основе связующего, аналогичного связующему свариваемого материала, но с малой степенью отверждения.

При сварке реактопластов на основе ненасыщенных полиэфиров на соединяемые поверхности наносят раствор инициатора полимеризации (например, раствор пероксида бензоила в ненасыщенном мономере – стироле, винилтолуоле, диаллилфталате) или неотвержденную полиэфирную смолу в виде тонкой пленки.

При сварке реактопластов в качестве присадки используют любые отвердители эпоксидных смол, способные реагировать с гидроксильными группами отвержденной эпоксидной смолы.

При химической сварке фенольных реактопластов в качестве присадочного материала целесообразно использовать вещества одинаковой с ними химической природы.

Количество наносимой присадки зависит от рельефа поверхности. Таким образом, свариваемость реактопластов определяется типом связующего, степенью его отверждения и присадкой.

Технологический процесс сварки отвержденных реактопластов включает в себя следующие операции:

- подготовку поверхностей, в том числе механическую;
- нанесение присадки;
- сближение поверхностей за счет эластических и пластических деформаций поверхностного слоя смолы и всего объема детали;
- выдержка (от десятков секунд до нескольких минут) соединения при температуре до  $180\text{-}220^\circ\text{C}$  и давлении  $4\text{-}6 \text{ МПа}$ .

В процессе последней операции происходит формирование контакта поверхностей на молекулярном уровне и образование соединения за счет химической реакции доотверждения. Увеличение температуры нагрева шва и

давления сварки расширяет возможные области проведения химической сварки, поэтому с ростом степени отверждения связующего в пластике необходимо повышать давление и температуру сварки.

Механическая подготовка соединяемых поверхностей при химической сварке отвержденных пластмасс в отличие от склеивания не играет существенной роли.

