

## Контроль качества сварных соединений из пластмасс

---

Качество сварных соединений пластмасс определяется степенью соответствия соединений установленным нормативным требованиям для заданных условий их эксплуатации, включающим требования к качеству основных и вспомогательных материалов, качеству подготовки элементов конструкции для сборки под сварку и качеству сборки и сварки элементов конструкции.

Оценка качества сварных соединений из пластмасс предполагает серию испытаний на кратковременную и длительную нагрузки, в том числе и в рабочих средах, позволяющих оценить предельные механические или физикомеханические показатели соединений, а также влияние возможных дефектов соединения на эти показатели.

### Дефекты сварных соединений

Основные признаки, характеризующие влияние дефектов на свойства сварного соединения, – геометрические размеры дефектов, их форма, положение в сечении шва и массовость. К наиболее распространенным видам дефектов сварных соединений термопластов относятся несоответствие шва требуемым геометрическим размерам, непровары, трещины, перегрев материала, несплавления, коробление сварного шва в результате усадки при сварке ориентированных материалов, поры при термомоментной сварке. Кроме того, при сварке пленочных термопластов характерным дефектом являются прожоги, структурные изменения шва и околошовной зоны, подвергающихся термическому воздействию.

Несоответствие шва требуемым геометрическим размерам является в основном результатом нарушения сварщиком технологии. При уменьшении размеров шва снижаются прочностные характеристики соединения; увеличение этих размеров экономически нецелесообразно.

Причинами образования швов неправильной формы могут быть также неравномерный контакт свариваемых поверхностей, несовпадение кромок, неравномерный зазор, неравномерное оплавление свариваемых поверхностей. Непровары характеризуются отсутствием сварного соединения по всей или части площади контактирования свариваемых образцов. Признаком непровара является расслоение отдельных участков шва. В

большинстве случаев внешним осмотром непровар не обнаруживается. Для выявления этого дефекта требуются механические испытания. Непровары могут быть выявлены и некоторыми методами физического контроля и контроля на герметичность сварных соединений.

Причиной непровара может быть отсутствие достаточно полного контакта соединяемых поверхностей в процессе нагрева, что возможно при недостаточном сварочном давлении или его колебаниях в процессе изотермической выдержки, при неправильном подборе исходных зазоров между рабочими поверхностями нагретых инструментов и поверхностью деталей при использовании термического расширения материала для создания сварочного давления. Причиной непровара могут быть также недостаточная температура нагретого инструмента, малая продолжительность нагрева, а также наличие на поверхности адсорбированных молекул газа, воды, тончайших жировых пленок и прочих включений.

Трещины при сварке листовых термопластов или труб из пластмасс чаще всего образуются из-за чрезмерного сварочного давления при ограниченном объеме, в котором расширяется материал зоны соединения. Причиной появления трещин может также быть слишком высокая температура нагретого инструмента.

Существенное превышение температуры нагретого инструмента при сварке термопластов приводит к резкому снижению механических показателей полимера в зоне контакта с нагретым инструментом, образованию несплошностей, трещин. Сварное соединение с такими дефектами не подлежит исправлению.

Чаще всего трещины образуются в процессе охлаждения зоны сварки в том случае, если сварочное устройство не обеспечивает компенсации значительного изменения линейных размеров сварочной зоны.

При сварке плавких пленочных термопластов образование трещин обусловлено охрупчиванием материала в результате его длительного пребывания при высоких температурах на воздухе.

Несплавления возникают вследствие неплотного контакта поверхностей, превышения допустимых зазоров, чрезмерных технологических пауз, недостаточного давления осадки.

Несплавление материала наблюдается также и при выполнении пересекающихся швов при сварке термопластов. Причиной возникновения дефекта в данном случае, по-видимому, являются структурные изменения материала в околошовной зоне предыдущего шва, резко снижающие способность материала к образованию сварного соединения. Предотвратить образование дефекта в этом случае можно лишь тщательной предварительной обработкой мест, подвергшихся термическому воздействию, химическим или механическим способом.

Поскольку большинство пленок из плавких термопластов получают экструзией, для них характерен общий для всех одно- и двухосноориентированных пленок дефект – значительная усадка в направлении ориентации и, как следствие, коробление и образование складок этой поверхности в околошовной зоне. Места контакта складок со сварным швом представляют собой очаги образования трещин и разрывов полимерной пленки. Для предотвращения этих дефектов в процессе сварки следует прикладывать растягивающие напряжения вдоль сварного шва, а также применять теплоотводящие прижимы в околошовной зоне.

Основная причина образования пор при сварке нагретым инструментом – это длительное присутствие на воздухе оплавленных поверхностей перед их соединением и недостаточное давление осадки, неспособное выдавить поры за зону контакта. Наибольшую опасность для сварного стыка создают поры, расположенные в рабочем сечении шва. В зависимости от температуры окружающей среды, места концентрации и размера пор может наблюдаться хрупкое или пластическое разрушение по зоне сплавления.

Причинами образования пор при сварке нагретым газом с применением присадочного материала являются несоответствие присадочного материала основному, высокая температура теплоносителя, приводящая к перегреву присадочного или основного материала, наличие пор в присадочном материале и т.д. Пути предотвращения подобных дефектов – тщательный подбор и соблюдение температурных режимов сварки, выбор оптимальной скорости и давления, снижение температуры сварки (применение растворителей, термоультразвукового способа).

Еще один дефект, возникающий при сварке пленок из плавких термопластов, - мелкие сквозные отверстия в сварном шве. Главная причина их образования – высокая электризуемость большинства полимерных пленок, в результате которой под действием электростатических сил к поверхности пленок притягивается множество микрочастиц и пылинок, в том числе и органического происхождения, которые либо вдавливаются в материал в

процессе сварки, либо выгорают. Это нарушает сплошность сварного шва. Поэтому помещения, где производятся работы по сварке полимерных пленок, должны содержаться в идеальной чистоте, а соединяемые поверхности требуют тщательной подготовки.

Наиболее опасным дефектом сварного соединения термопластов является наличие в зоне шва участка материала, подвергнутого термоокислительной деструкции вследствие завышенной температуры сварки.



## разрушающие методы контроля качества сварки пластмасс

---

Все сварные соединения подвергаются визуально-измерительному контролю (контролю внешним осмотром).

**Внешний осмотр** соединения позволяет установить искажение формы шва, выявить трещины, непровары, смещение деталей, прожоги, деформации, уменьшение толщины шва, подрезы, вмятины, несовпадение кромок. Вид сварных швов должен сохраняться постоянным по всей их длине. Сравнение цвета шва и основного материала позволяет в отдельных случаях судить о соблюдении технологического режима, о деструкции материала при сварке.

Внешнему осмотру следует подвергать все сварные соединения независимо от применения других методов контроля. При внешнем осмотре изделий, выполненных из оптически прозрачных материалов (полиметилметакрилата, полиэтилена, полистирола без красителей и др.), следует использовать сильный источник света, освещающий деталь либо под углом, либо с торца; таким образом удастся выявить некоторые внутренние дефекты сварного шва. Наиболее ценная информация при контроле внешним осмотром может быть получена при исследовании сварных соединений из пленочных материалов, синтетических тканей и нетканых материалов. По внешнему виду сварной шов этих материалов должен быть ровным, без складок и сборок. Края шва должны иметь округлые очертания без резких переходов.

При контроле сварных соединений из «жестких» пластмасс результаты внешнего осмотра могут подтверждаться и уточняться люминесцентными методами контроля.

Визуально-измерительный контроль служит для выявления поверхностных или сквозных дефектов сварного соединения. Внутренние дефекты (поры, посторонние включения, нарушения внутренней геометрии и т.д.) этим способом обнаружены быть не могут. Для контроля внутренних областей сварного соединения из пластмасс применяются различные физические неразрушающие методы испытаний. Рассмотрим кратко сущность этих методов.

Неразрушающие методы контроля сварных соединений термопластов включают:

- радиационные методы (инфракрасная и рентгенографическая дефектоскопия);
- ультразвуковой метод;
- капиллярные методы;
- радиотехнические методы;
- электростатический метод;
- электроискровой метод;
- электролитный метод;
- тепловой метод;
- оптические методы.

**Инфракрасная дефектоскопия.** Методы инфракрасной дефектоскопии основаны на регистрации инфракрасного излучения, отраженного или прошедшего через исследуемую среду. Контроль производится следующим образом. Поток ИК-излучения направляется излучателем на изделие. Спектр излучаемого сигнала зависит от типа ИК-источника.

Возможность выявления дефектов и внутренней структуры материала основывается на зависимости между оптической плотностью исследуемого материала и интенсивностью прошедшей лучистой энергии. При таких испытаниях хорошо выявляются внутренние трещины, несплавления и пустоты диаметром около миллиметра и более.

**Рентгенографический метод** контроля состоит в том, что через исследуемый материал с различными структурой или дефектами пропускается рентгеновское излучение. Преобразование прошедшего излучения в видимое изображение с помощью фотопленки или флюороскопического экрана позволяет судить о внутреннем состоянии изделия. Таким образом можно выявить характер, границу, конфигурацию и глубину залегания дефекта. Чем больше плотность материала, тем больше он ослабляет излучение, тем более высокую контрастную чувствительность будет иметь рассматриваемый способ контроля.

Поскольку коэффициент ослабления излучения у большинства пластмасс весьма мал, следует уменьшать напряжение на трубке. Таким образом, основной особенностью рентгеновского контроля сварных соединений термопластов является необходимость применения более мягкого излучения по сравнению с излучением, используемым при контроле сварных металлических конструкций.

**Капиллярные методы дефектоскопии** основаны на способности жидкости проникать в поверхностные дефекты изделия. Они применяются для обнаружения всех типов поверхностных трещин, расслоений, течей в сварных конструкциях из полимерных материалов.

К капиллярным методам относятся: люминесцентный, цветной (метод красок) и люминесцентно-цветной. В первом и третьем методах применяют люминесцентные жидкости, которые высвечиваются под действием ультрафиолетовых лучей. Во втором методе в качестве проникающих жидкостей используются красящие жидкости.

Методика проведения контроля аналогична методикам, используемым при контроле металлических сварных конструкций.

С помощью проникающих жидкостей возможен контроль сквозных отверстий на соединениях из полимеров небольшой толщины (от 0,5 до 3,0 мм).

**Радиотехнические методы контроля** основаны на применении радиоволн сверхвысоких частот – от 1 до 100 ГГц. Радиоволны хорошо проникают в диэлектрики. В этом случае не требуется контакта между зондирующим устройством и контролируемым изделием. При наличии в изделии трещин, инородных включений и прочих

дефектов радиоволны, отражаясь или проходя через них, меняют фазу (фазовый метод), амплитуду (амплитудный метод) или характер поляризации (поляризационный метод).

Радиотехнические методы применяют для контроля сварных конструкций, у которых швы не имеют грата. При этом выявляются трещины с раскрытием более 0,1 мм и глубиной более 3 мм, непровары; особенно хорошо выявляются инородные включения.

**Электростатический метод**, как и капиллярные методы, позволяет выявить поверхностные дефекты (трещины, поры, несплошности и др.) в сварных соединениях из пластмасс. Метод прост, дешев, высокопроизводителен.

Методика проведения контроля аналогична методике контроля с использованием проникающей жидкости. На поверхность очищенного изделия наносят жидкость, которая состоит из воды, смачивающего вещества и веществ, обеспечивающих слабую электропроводность. После просушивания поверхность опыляют порошком, частицы которого несут электрические заряды. При этом в жидкости, оставшейся в дефекте, происходит направленное перемещение ионов: если частицы порошка имеют положительный заряд, то отрицательные ионы жидкости будут перемещаться к вершине дефекта, а положительные ионы – к основанию дефекта. Далее напыленный порошок удаляют с поверхности изделия; при этом за счет кулоновского притяжения между положительными частицами порошка и отрицательными ионами жидкости образуется видимое изображение дефекта.

**Электроискровой метод контроля** основан на электроизоляционных свойствах полимерных материалов. Если изделие из пластмасс поместить в пространство между электродами, к которым приложена большая разность потенциалов (15-20 кВ), то в области дефекта в сварном соединении проскакивает искра, которая на приборе отображает дефектный участок в виде непроваров, трещин, пор. Этот метод применяется для контроля швов в сварных соединениях тонких полимерных пленок.

**Электролитный метод**, как и электроискровой, основан на электроизоляционных свойствах полимерных материалов. Сварное изделие помещают в ванну с электролитом (3%-й раствор поваренной соли) или электролит наносят на поверхность изделия. Наличие дефекта в сварном соединении обнаруживается по отклонению стрелки гальванометра при приложении на изделие электродов.

**Тепловой метод контроля** основан на изменении распределения теплового излучения, испускаемого исследуемым изделием, при наличии в нем дефекта. Он применяется для контроля листовых сварных соединений из полимерных материалов после снятия грата. Метод позволяет определить форму, размеры и места расположения больших дефектов типа нарушения сплошности. Схема контроля проста. С одной стороны изделия размещают источник нагрева – плазмотрон, лазер и др., а с другой – приемную аппаратуру повышенной чувствительности. Такая аппаратура дает возможность представить картину распределения теплового излучения по поверхности изделия в виде изображения на экране электронно-лучевой трубки или на фотобумаге; при этом выявляются дефекты.

**Оптические методы контроля** основаны на регистрации светового (видимого) или инфракрасного излучения, отраженного контролируемым изделием или прошедшего через него.

В заключение следует отметить, что комплексное применение рассмотренных методов контроля обеспечивает выявление возможных дефектов соединений и тем самым гарантирует безотказную работу сварных соединений из пластмасс, выполненных различными методами сварки.



## Механические испытания сварных соединений

---

Основными критериями качества сварных соединений служат механические и физико-механические показатели, определяемые на стандартных или специальных образцах при кратковременных или длительных нагрузках, в установленных случаях при дополнительном воздействии агрессивных и поверхностно-активных веществ.

В зависимости от назначения сварного изделия, эксплуатационных требований, предъявляемых к нему, проводятся те или иные механические испытания, или целый комплекс испытаний.

Для определения механических свойств сварных соединений выполняют испытания сварных соединений на образцах, форма и размеры которых установлены стандартами:

- на одноосное статическое растяжение (ГОСТы 16971-71, 14236-81, 11262-80);
- на статический изгиб (ГОСТ 4648-71);
- на ударный изгиб (ударную вязкость) (ГОСТ 4647-80);
- на морозостойкость (ГОСТ 22346-77);
- на хрупкость при изгибе (ГОСТ 16782-83);
- на ползучесть (ГОСТ 18197-82);
- на старение под воздействием естественных климатических условий (ГОСТ 17170-71).

Для дополнительного контроля качества сварных соединений пластмасс проводят испытания на твердость и газопроницаемость. Твердость контролируют на продольных и поперечных срезах.

### **Контроль плотности и герметичности сварных швов**

Для контроля герметичности швов сварных соединений из пластмасс согласно ГОСТ 16971-71 проводят испытания следующими способами: обдувом, химическими индикаторами, воздушным и гидравлическим давлением, наливом воды.

Обдув шва сварного соединения струей сжатого воздуха под давлением 0,25 МПа проводят с расстояния не более 50 мм; противоположная сторона смачивается мыльным раствором.

Испытаниям химическими индикаторами подвергают конструкции с замкнутым объемом. На сварной шов накладывается бумажная лента, пропитанная 5% водным раствором азотно-кислой ртути. В качестве реагента используют аммиак, вводимый в количестве 1% объема воздуха, находящегося в изделии. После создания пневматического давления в изделии и выдержки под давлением (3-5 мин) индикаторную ленту осматривают; негерметичность устанавливают по черным пятнам на ленте.

