

Сущность процесса сварки пластмасс

Процесс сварки термопластов заключается в образовании соединений за счет контакта активированных нагревом соединяемых поверхностей. Последовательность операций может быть различной:

- контакт, затем нагрев;
- нагрев, затем контакт;
- контакт и нагрев осуществляются одновременно.

Введение энергии, необходимой для активации соединяемых поверхностей, и приложение давления, необходимого для достижения контакта, возможно с помощью одного инструмента либо различных. Независимо от этого при сварке термопластов в сварочной зоне протекают следующие процессы:

1. подвод и преобразование энергии, обеспечивающей активацию свариваемых поверхностей;
2. взаимодействие активированных свариваемых поверхностей при контакте их друг с другом;
3. формирование структуры материала в зоне контакта.

Активация свариваемых поверхностей может достигаться за счет:

- контакта их с теплоносителями – нагретыми инструментами, газами либо присадочными материалами;
- поглощения и преобразования энергии высокочастотных электрических колебаний, механической энергии трения, лучистой энергии либо энергии высокочастотных механических колебаний.

В конечном счете активация независимо от способа её осуществления состоит в нагреве свариваемых поверхностей и проявляется в повышении энергии теплового движения макромолекул (ММ).

Следующая стадия – взаимодействие активированных свариваемых поверхностей при их контакте. Эта стадия наиболее ответственна за свойства образовавшегося сварного соединения, так как только при реализации взаимодействия между макромолекулами полимера возможно получение соединения, близкого по свойствам к исходному материалу. Механизм формирования сварного соединения полимерных материалов определяется не столько природой полимера, сколько температурой нагрева свариваемых поверхностей, определяющей их состояние – высокоэластичное или вязкотекучее.

Если сварка выполняется при температуре ниже температуры текучести (высокоэластичное состояние), образование соединения обусловлено главным образом диффузией сегментов ММ через границу раздела. Образование прочного соединения в данном интервале температур возможно лишь при длительном контакте свариваемых поверхностей. Процессу диффузии неизбежно препятствуют воздушные прослойки и различного рода специфические особенности поверхностных слоев материалов, обусловленные технологией их производства и условиями хранения. Да и коэффициент диффузии не остается постоянным, а непрерывно снижается, т. к. по мере проникновения участков ММ через границу раздела непрерывно возрастает их торможение. Поэтому сварные швы сохраняют границу раздела и при определенных режимах нагружения могут расслаиваться по этой границе. Материал в зоне соединения не отличается от исходного по надмолекулярной структуре независимо от скорости охлаждения.

Когда температура материала выше температуры текучести и свариваемые поверхности находятся в вязкотекучем состоянии, сваривание термопластов происходит быстро, продолжительность процесса в ряде случаев исчисляется секундами (особенно при ультразвуковой и высокочастотной сварке). Такая высокая скорость сварки невозможна за счет диффузии. В этом случае проявлению сил межмолекулярного взаимодействия предшествует ряд явлений.

В первую очередь при контакте напряжение, создаваемое усилием прижима, вызывает перемещение слоёв расплава. Это перемещение расплава приводит к удалению из зоны соединения воздушной прослойки и других инородных включений и проявляется в выдавливании расплава из зоны соединения. Скорость течения в различных участках контакта может различаться из-за некоторой неравномерности их нагрева и неравномерного распределения давления. Всё это приводит к перемешиванию расплава, что особенно вероятно в случае применения способов сварки, сущность которых состоит в воздействии на материал высокочастотных механических либо электрических колебаний. Следовательно, образование сварных соединений при контактировании расплавленных соединяемых поверхностей обусловлено в значительной степени перемешиванием макрообъемов расплава на этапе образования физического контакта. Диффузионные процессы являются сопутствующими и протекают по границам этих макрообъемов. Граница раздела отсутствует. Прочность шва приближается к прочности свариваемого материала. При сварке некоторых термопластов на этапе взаимодействия активированных поверхностей возможно течение химических реакций на границе раздела. Сварка термопластов в вязкотекучем состоянии имеет значительные преимущества в сравнении с диффузионной.

Наконец, последняя стадия образования сварного соединения – формирование надмолекулярной структуры в зоне контакта – в значительной степени определяет физико-механические и другие свойства материала. Для максимального приближения свойств шва к свойствам исходного материала необходимо обеспечить в шве надмолекулярные структуры, характерные для исходного материала. Существенное влияние на характер надмолекулярных структур оказывают условия охлаждения расплава. Варьируя их, можно получить желаемую или близкую к ней надмолекулярную структуру.



Свариваемость термопластов

При выборе способа сварки необходимо принимать во внимание возможности того или иного способа и технико-экономическую целесообразность, исходя из свойств свариваемой пластмассы и вида конструкции. Не все термопласты одинаково успешно могут быть сварены тем или иным способом сварки.

Одни из них не свариваются или свариваются плохо токами высокой частоты в связи с малым значением тангенса диэлектрических потерь (полиэтилен, полипропилен). Другие трудно сваривать ультразвуком из-за его затухания при прохождении через свариваемые детали. Это пластмассы, имеющие малый модуль упругости и называемые мягкими. Третьи не могут свариваться светом из-за высокой проницаемости и недостаточно интенсивного поглощения лучистой энергии.

На свариваемость существенное влияние могут оказывать структурные и химические изменения, имеющие место в поверхностных слоях пластмассы. Причины этих изменений кроются в природе полимерных материалов и технологии их производства.

Со временем в верхних слоях полимера происходит постепенное снижение молекулярной массы полимера, что является следствием деструкции и старения, под влиянием солнечной радиации происходят изменения химической природы поверхностного слоя.

В процессе получения изделий из пластмасс на поверхность валков каландров наносятся технологические смазки, которые попадают на изделие. Со временем эти вещества окисляются и превращаются в нерастворимые компоненты. Кроме этого, на поверхность изделий из внутренних слоев пластмассы диффундирует пластификатор.

Таким образом, поверхность представляет собой сложный по составу и структуре слой. Способность к активному взаимодействию ММ поверхности со временем резко падает, создается экранирующий слой, который затрудняет или даже исключает сближение активных ММ. Химическое удаление таких поверхностных слоев очень сложно, а механическое удаление экранирующего слоя часто невозможно, особенно с поверхности пленок.

Чтобы его разрушить, следует в процессе сварки прикладывать давление, обеспечивающее течение вязкой массы, разрушение и выдавливание фрагментов слоя в грат. И хотя для разных пластмасс это характерно в различной степени, очевидно, что развитие сдвиговых деформаций в зоне контакта является необходимым в образовании соединения.

При этом переход полимера в вязкотекучее состояние не должен сопровождаться разложением материала (термодеструкцией), т.е. изменением химической природы цепных молекул, иначе шов будет обладать по сравнению с основным материалом пониженными прочностными, деформационными и другими свойствами. Температурный интервал вязкотекучего состояния полимера должен быть достаточно широким, т.к. иначе неизбежные в реальных условиях производства отклонения от оптимального режима сварки могут привести к дефектам (непровары при недогреве или деструкция при перегреве).

Кроме того, расплав, образующийся при переходе полимера в вязкотекучее состояние, должен иметь такую вязкость, чтобы при напряжениях сдвига достигалось его перемещение и перемешивание.

Этих положений уже достаточно, чтобы судить о свариваемости полимеров. Рассмотрим два условных полимера (1 и 2) и сравним их реологические характеристики (рис.1.2). Полимерный материал, имеющий больший температурный интервал вязкотекучего состояния ΔT ($T_T - T_P$) и меньшую вязкость η в этом интервале, а также больший градиент снижения этой вязкости $d\eta/dT$, имеет лучшие показатели свариваемости. Параметры вязкости ΔT_1 , $\eta_{1\text{MIN}}$, $d\eta_1/dT_1$ (кривая 1) соответствуют полимеру с худшей свариваемостью. ΔT – температурный интервал вязкотекучего состояния (от T_T до T_P), $^\circ\text{C}$ η – вязкость в этом интервале (Па*с) $d\eta/dT$ – градиент снижения вязкости

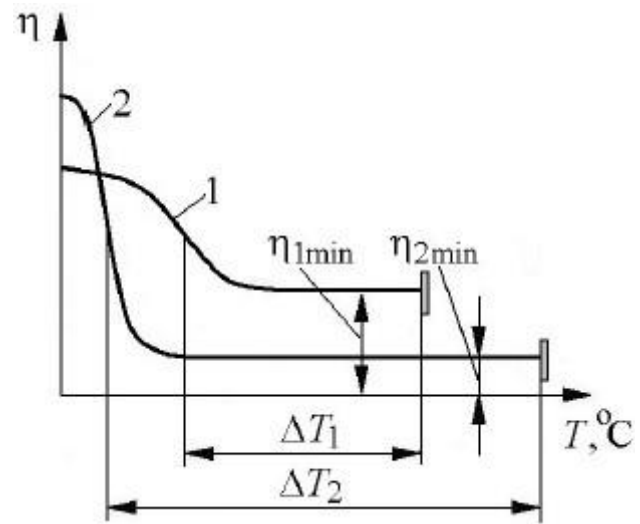


Рис.1.2. Изменение параметров вязкости расплава полимера в температурном интервале вязкотекучего состояния

