

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ Т-ОБРАЗНОГО СВАРНОГО СОЕДИНЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПЛЕНОК

### Введение

В настоящее время сварка полимерных пленок получила широкое распространение при изготовлении широкого ряда изделий. Согласно ОСТ 102-47-78 существует 14 типов швов полимерных пленок, которые условно можно разделить на четыре группы соединений: стыковое, угловое, нахлесточное и Т-образное (рис. 1).

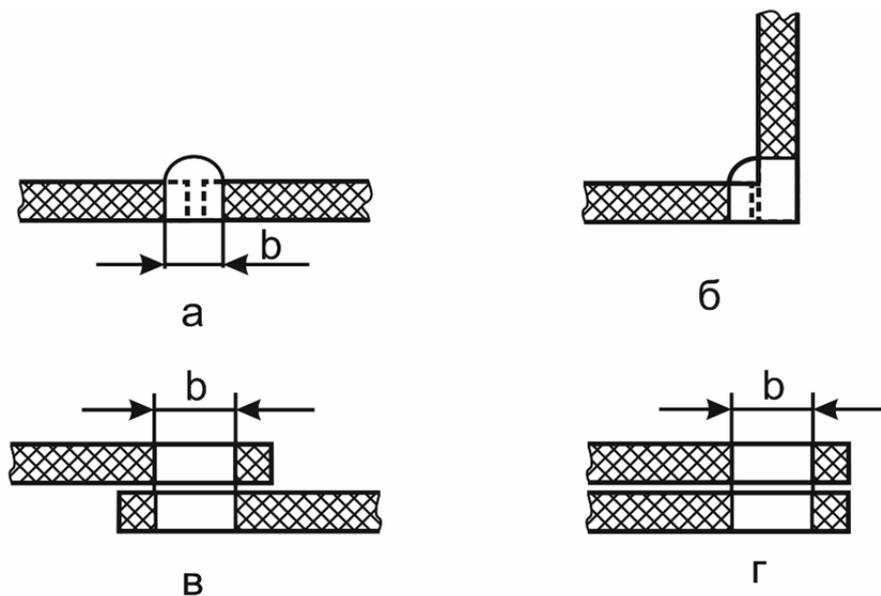


Рисунок 1 – Сварные соединения полимерных пленок:  
а – стыковое, б – угловое, в – нахлесточное, г – Т-образное

На сегодняшний день в силу простоты изготовления самыми распространёнными швами стали нахлесточный и Т-образный. Они могут быть выполнены практически любым видом сварки: экструдированной с присадкой, термоконтальной, контактной термоимпульсной, газовым теплоносителем без присадки и инфракрасной.

Метод и режим сварки, дающие максимальную прочность сварных соединений, выбирают в зависимости от разновидности полимерной пленки, ее физико-химических и диэлектрических свойств.

### 1. Постановка проблемы

Правильно выбранные методы и режимы сварки тем не менее не обеспечивают получения соединений, равнопрочных основному материалу [1].

В контексте повышения прочности сварных швов особый интерес представляет Т-образное соединение. Сегодня оно является наиболее часто употребляемым при создании изделий из полимерных пленок. Несмотря на это, его прочность является величиной эмпирической и зачастую определяется экспериментально для каждого отдельного случая нагружения, в отличие от других разновидностей соединений, где прочность можно рассчитать по известным из теории металлов формулам.

## **2. Анализ последних исследований и публикаций**

Соединения различных пленок имеют различную относительную прочность, прочность разных видов соединений, выполняемых из одной и той же пленки, также различна.

Чем обусловлено указанное явление, недостаточно ясно. В работе [2] этот факт объясняется изменением структуры материала при сварке, в работе [3] – механическими повреждениями околошовной зоны. При сварке нахлесточных и Т-образных соединений одним и тем же методом на одинаковых режимах из одной и той же пленки происходит одинаковое повреждение околошовной зоны и одинаковое изменение структуры материала шва, однако нахлесточные соединения имеют всегда значительно большую прочность, чем Т-образное.

Мацюк Л.Н. и Вишневская Н.В. в своих исследованиях [4], используя рентгенографический и ультразвуковой методы, а также показатель двулучепреломления, показали, что ни один из вышеуказанных факторов не является основным фактором, влияющим на прочность сварного соединения. Результаты их исследований, тем не менее, не дают возможности провести оценку прочности сварного Т-образного соединения, и этот вопрос на сегодняшний день остается открытым.

## **3. Основная часть**

Для проведения оценки прочности Т-образного сварного шва была проведена серия экспериментов, количество измерений равно 40. Исследования проводились на сварных Т-образных соединениях биаксиально ориентированной полипропиленовой пленки (БОПП), работающих на расслаивание.

Сварные соединения получали из БОПП толщиной 0,03 мм. При исследовании использовали соединения, созданные методом контактной тепловой сварки при постоянном режиме нагрева.

Прочность Т-образного соединения определялась при одноосном статическом растяжении, образцы для испытаний согласно ГОСТ 14236 представляли собой полоски шириной 25 мм и длиной 15 см. Образцы вырезались из различных участков пакета таким образом, чтобы шов был расположен в середине образца. В процессе испытания сварной шов располагался перпендикулярно к направлению движения подвижно-

го захвата. Захват образца производился плоскими широкими зажимами.

В ходе проведения эксперимента были замерены разрывающие усилия на 40 образцах. Измеряемые в процессе исследований величины являются случайными, т.е. содержат погрешности, точное значение которых предсказать нельзя, но можно описать закон их изменения. Поэтому для эффективного анализа результатов экспериментов необходимо устанавливать эти законы распределения и их числовые характеристики [5]. Чаще всего эта задача решается путем выдвижения некоторой гипотезы о предполагаемом законе распределения (нулевая гипотеза), а затем на основе принятого критерия делается вывод о подтверждении или опровержении этой гипотезы. Одним из таких критериев является критерий  $\chi^2$  [6].

В качестве критерия проверки нулевой гипотезы принимается случайная величина

$$\sum \chi_i^2 = \sum_{i=1}^{10} \frac{(\Delta n_i - \Delta n_i^T)^2}{\Delta n_i^T},$$

где  $\Delta n_i$  – эмпирическая частота появления случайной величины;  $\Delta n_i^T$  – теоретическая частота появления случайной величины.

При обработке результатов эксперимента было получено значение  $\sum \chi_i^2 = 8,048$ . Для доверительной вероятности  $\gamma=0,99$  и числа степеней свободы  $k = n - s - 1$ , где  $n$  – количество интервалов, а  $s$  – число искоемых параметров (в нашем случае  $k=7$ ) по таблицам [7] предельное значение  $\chi_{0,99}^2 = 20,1$ , следовательно,  $\sum \chi_i^2 < \chi_{0,99}^2$ , и статистические данные соответствуют теоретическому нормальному закону распределения, поэтому в дальнейших расчетах можно принять, что значения усилия разрыва распределены согласно нормальному закону распределения. Вероятностные характеристики разрывных усилий в рассмотренных Т-образных соединениях приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты статистической обработки значений разрывного усилия Р, Н, полученных в эксперименте

Название параметра	Значение параметра
Математическое ожидание $m$ , Н	11,615
Среднеквадратичное отклонение $\sigma$ , Н	3,836
Коэффициент вариации $V$ , %	33,02
Показатель точности $p$ , %	5,08

## Выводы

Полученное значение показателя точности  $p$  свидетельствует о достаточности использованной выборки для обеспечения достоверности получаемых данных. В то же время чрезвычайно высокий коэффициент вариации говорит о большой нестабильности измеряемого параметра. Согласно результатам исследований рентгенографическим и ультразвуковым методами, приведенным в работе [4], в зависимости от материала изделия прочность сварного шва оказывается на 7...20% ниже прочности материала, хотя физико-механические свойства материала практически не изменяются. В то же время в проведенном эксперименте разрывное усилие образца упаковочного материала – полипропиленовой пленки БОПП – составляет порядка 1500 Н, т.е. в 129 раз больше разрывного усилия сварного шва. Таким образом, теоретический и практический интерес представляет исследование процессов, происходящих в сварном шве при расслоении, в целях повышения его прочности, что позволит, с одной стороны, снизить уровень требований к прочности применяемых упаковочных материалов, а с другой – повысить степень сохранности упаковываемых сыпучих продуктов при длительном хранении и транспортировке на большие расстояния.

### Список использованных источников

1. Зайцев, К.Н. Сварка полимерных материалов: справ. / К.Н. Зайцев, Л.Н. Мацюк. – М.: Машиностроение, 1988. – 312 с.
2. Вакула, В.Л. Влияние фотостарения полиэтилена на его способность к образованию аутогезионной связи при сварке / В.А. Вакула, Э.Б. Орлов // Высокомолекулярные соединения, 1970. – № 12. – С.2662 – 2668.
3. Гришин, Н.А. Исследование структуры и механических свойств пластмасс при сварке / Н.А. Гришин, Л.Г. Казарян // Пластические массы, 1969. – № 4. – С. 42.
4. Мацюк, Л.И. Некоторые вопросы прочности сварных соединений полимерных пленок / Л.И. Мацюк, Н.В. Вишневская // Сварка полимерных материалов. – М.: МДНТП им. Ф.Э. Дзержинского, 1974. – С.36-43
5. Степнов, М.Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний / М.Н. Степанов. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.
6. Налимов, В.В. Теория эксперимента / В.В. Налимов – М.: Наука, 1971. – 341с.
7. Чернышев, Ю.К. Теория вероятностей / Ю.К. Чернышев, Е.П. Томилова. – Х.: Харьк. авивц. ин-т, 1980. – 80 с.

*Поступила в редакцию 18.08.2015.*

*Рецензент: д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. В.А. Меньшиков, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», г. Харьков.*