

Контроль качества является неотъемлемой частью процесса изготовления любой продукции, а в случае ответственных изделий и конструкций, в том числе из полимерных материалов (ПМ), регулярно проводится и при их эксплуатации. Контролируют как сами детали, входящие в изделие, так и их соединения. Повышение качества полимерной продукции и сокращение брака, в том числе за счет предотвращения появления дефектов и ремонта бракованных изделий, позволяют существенно сэкономить материальные ресурсы, производственные затраты и время. Анализу современного состояния этого вопроса в отношении сварных изделий из термопластичных ПМ посвящен данный обзор.



# Анализ методов контроля сварных изделий из пластмасс, их дефектов и возможностей ремонта

Г. В. Комаров, д-р техн. наук, ст. науч. сотр. ВИНТИ РАН

(Продолжение.  
Начало в ПМ № 9 2021 г.)

Введение.

1. Контроль качества сварных соединений.

2. Анализ дефектов сварных соединений и возможностей ремонта.

2.1. Общие положения.

2.2. Дефекты сварных соединений.

## 2. Анализ дефектов сварных соединений и возможностей ремонта

### 2.1. Общие положения

Материалом для дальнейшего анализа послужили описания дефектов в немногочисленных публикациях специалистами, обладающими необходимым опытом сварки ПМ [1, 2, 6, 26, 27]. В передовых в техническом отношении странах данные относительно дефектов сварных соединений деталей из термопластичных ПМ в результате длительной систематиза-

ции пытаются обобщить и оформить в виде нормативных документов [1, 2, 15]. Вместе с тем исследования по предупреждению и устранению дефектов не прекращаются.

Для каждого вида сварки ПМ характерны свои специфические дефекты. В свою очередь, вид дефекта может изменяться в зависимости от конструкции соединения, которая зависит от типа изделия. Наиболее распространенными видами сварки трубопроводов из пластмасс являются следующие:

- сварка нагретым инструментом (НИ) встык;
- сварка НИ в раструб с помощью муфты;
- терморезисторная сварка закладным нагревателем (ЗН);
- сварка нагретым газом (НГ) с присадочным материалом;
- экструзионная сварка (ЭС);
- сварка ИК-излучением встык.

Основанием для их рассмотрения явилось также наличие уже

более или менее систематизированного описания дефектов сварных соединений, изготавливаемых этими видами сварки.

Данные по видам дефектов, приведенные в последующих разделах статьи, справедливы для основных свариваемых в расплаве термопластов: ПЭ, шитого (русскоязычное сокращение – ПЭС, международное – РЕ-Х), гомополипропилена (ПП-Г, РР-Н), блоксополимера пропилен-пропилена (ПП-Б, РР-В), привитого сополимера пропилен-пропилена (ПП-Р, РР-Р), хлорированного ПВХ (Х-ПВХ, PVC-C), поливинилиденфторида (ПВДФ, PVDF).

Предваряя дальнейшее повествование, следует оговориться по поводу применения понятия «допустимый» к дефекту, любой из которых, строго говоря, недопустим с точки зрения его стандартизированного определения как отдельного несоответствия установленным требованиям. Например, отклонение какого-либо размера сварного

соединения, выходящее за пределы допуска, будет дефектом, а внутри допуска – просто отклонением или допустимым отклонением. Тем не менее в зарубежной и отечественной литературе, да и на практике, как правило, не обращают внимания на этот терминологический казус и пользуются понятиями «допустимого» и «недопустимого» дефектов. В дальнейшем мы также будем использовать эти термины, хотя и понимая их условность.

Если при изготовлении сварных соединений определенные дефекты должны быть исключены или ограничены, то можно прибегнуть к разделению их на группы в зависимости от уровня требований к качеству сварных соединений. С этих позиций можно согласиться с делением дефектов в зависимости от степени их допустимости и их влияния на свойства соединения на три группы [1, с. 12]:

- I – группа дефектов, допустимых для соединений с высокими требованиями к надежности или несущей способности;

Таблица 4. Классификация видов дефектов [4]

Признак дефекта	Вид дефекта
1. Месторасположение дефекта	1.1. Поверхностный. 1.2. Подповерхностный. 1.3. Внутренний
2. Потенциальная опасность дефекта (степень влияния дефекта на эффективность и безопасность использования продукции)	2.1. Критический. 2.2. Значительный. 2.3. Малозначительный
3. Наличие предусмотренных правил и средств обнаружения дефекта	3.1. Явный. 3.2. Скрытый
4. Возможность устранения дефекта	4.1. Устранимый. 4.2. Неустраиваемый
5. Происхождение дефекта	5.1. Конструкторского происхождения. 5.2. Производственно-технологического происхождения. 5.3. Эксплуатационного происхождения
6. Тип дефекта	6.1. Несплошность. 6.2. Несоответствие размеров. 6.3. Несоответствие физико-механических свойств. 6.4. Несоответствие структуры

- II – группа дефектов, допустимых для соединений со средним уровнем требований к надежности или несущей способности;

- III – группа дефектов, допустимых для соединений с низкими требованиями к надежности или несущей способности.

Критериями для подобного (тоже достаточно условного) разделения дефектов на группы по их допустимости, проведенного в [1], послужили:

- условия производства (лаборатория, мастерская, стройка, искусственные условия);
- потенциальные опасности в случае аварии;
- дополнительные требования (возможность использования в системах водо-, тепло- и газоснабжения);
- поведение материала в процессе эксплуатации (например, вязкое или хрупкое);
- сменяемость вида продукции;
- вид нагрузки (например, статическая или динамическая).

Следует заметить, что в отечественных стандартах классификация дефектов по степени их допустимости пока отсутствует (очевидно, в соответствии со стандартизированным понятием любого «дефекта» как недопустимого), хотя имеется похожая градация дефектов на малозначительные, значительные и критические по признаку их потенциальной опасности (табл. 4). Но только похожая, поскольку каждый из этих дефектов по определению недопустим, и такое их разделение производится только для последующего выбора вида контроля качества продукции (выборочный или сплошной) и для назначения такой характеристики выборочного контроля, как риск потребителя.

Отказ в отечественном ГОСТ Р 56792-2011 «Дефекты в сварных соединениях термопластов. Описание и оценка» [2] от разделения дефектов сварных соединений на группы по степени их допустимости, используемого в германском нормативном документе «Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien. Fügen von Kunststoffen /13., überarbeit. und erweit. Auflage. – Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2010. – 973 S.» [1], мотивировался его составителями возможным «неоправданным снижением качества соединений из-за отсутствия четких критериев их классификации». Однако, насколько известно автору, в настоящее время в Техническом комитете по стандарти-

**Таблица 5.** Уровни качества сварных соединений (источник: [normacs.info/discussions/7063](http://normacs.info/discussions/7063))

Обозначение	Требования
B	Высокие
C	Средние
D	Умеренные

*Примечание.* В особых случаях допускается устанавливать дополнительные требования, которые должны определять уровень качества А.

зации ТК 364 «Сварка и родственные процессы» проводится обсуждение стандарта ГОСТ Р «Дефекты сварных соединений термопластов. Уровни качества» (идентичен DIN EN 16296-2013), в котором все-таки предлагается ввести три уровня качества сварных соединений (табл. 5).

Например, если в стандарте ГОСТ Р 56792-2011 [2] допускаются изолированные поры или инородные включения в соединениях, выполненных сваркой НИ встык, размером  $\Delta s$  не более 5 % толщины  $s$  стенки трубы:

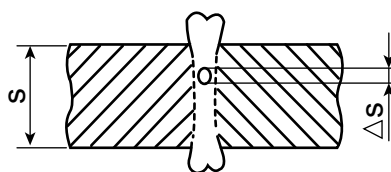
$$\Delta s \leq 0,05 s,$$

то в обсуждаемом стандарте ГОСТ Р «Дефекты сварных соединений термопластов. Уровни качества» предлагается более «мягко» подойти к этому вопросу и ввести следующие уровни качества для соединений с подобными дефектами (рис. 4):

- B:  $\Delta s \leq 0,05 s$ ;
- C:  $\Delta s \leq 0,10 s$ ;
- D:  $\Delta s \leq 0,15 s$ .

При этом соответствующий уровень качества сварного соединения (степень допустимости дефекта) предлагается определять производителю совместно с заказчиком и (или) с другими заинтересованными сторонами еще до начала производства, на этапе согласования или заказа.

Чтобы определиться, к какой группе по степени допустимости отнести тот или иной дефект сварных соединений ПМ, без дополнительных экспериментов, по всей



**Рис. 4.** Схема дефекта в виде поры или инородного включения в соединениях, выполненных сваркой НИ встык

видимости, обойтись нельзя. Приведенные в [1] критерии носят общий характер, и отсутствие в них конкретики не позволяет также дать заключение о возможности устранения дефектов, например, ремонтной сваркой. Чтобы внести ясность, перед началом сварочных работ рекомендуется изготовить опытные сварные соединения и определить, какого уровня их качества можно достичь, используя труд конкретного сварщика и данный сварочный аппарат в конкретных условиях указанных работ. Естественно, вопрос допустимости того или иного дефекта в конечном виде решается конструктором (проектировщиком) для каждого конкретного изделия. Общие, приемлемые для всех видов сварных изделий рекомендации по допустимости того или иного дефекта создать просто невозможно. Однако попытки каким-то образом систематизировать в первом приближении дефекты сварных соединений деталей из ПМ следует признать своевременными и востребованными. Взяв за основу разработанную в нормативных документах [1, 2] классификацию дефектов, можно выполнять дальнейшее углубленное исследование их допустимости применительно к конкретным группам сварных изделий, а также делать выводы о методах их предотвращения или устранения.

О влиянии рассмотренных ниже дефектов на сопротивление сварных соединений изменению формы в зоне шва, например, при растяжении или изгибе обобщенные данные в литературе пока отсутствуют. Нельзя ничего сказать и о стойкости дефектных сварных соединений к действию химически активных сред. Эти сведения, конечно же, можно получить только по отношению к конкретному изделию и конкретным условиям его работы. Если в некоторых случаях приходится проводить дополнительную механическую обработку готового сварного изделия, то оценивать влияние дефекта на свойства сварного соединения необходимо после этой обработки. Иная оценка влияния дефектности должна даваться, если один вид дефекта сочетается с другим.

Приведенная далее оценка влияния дефектов на свойства сварных соединений сопоставлялась в основном с литературными данными и с заключениями экспертов.

В конечном счете с делением дефектов на недопустимые, имеющие местное ограничение и условно допустимые можно согласиться, так как подобным же образом классифицируются дефекты сварных соединений металлов [3].

Если в результате оценки дефектов установлено, что они относятся к недопустимым, в протоколе испытания следует отметить, что они подлежат устранению с применением ремонта или требуется изготовление нового сварного соединения. Может даже встать вопрос о браковке всего изделия с подобным недопустимым дефектом – например, сосуда или участка трубопровода. Результаты такого исследования документируются и передаются потребителю. На основании этих данных решается вопрос о санировании сварного изделия. Если твердо установлено, что дефект не входит в число недопустимых ни в одну из трех групп, компетентный специалист может предложить – при согласии потребителя – использовать сварное изделие при другой подходящей нагрузке или высказать прогноз о потенциальной опасности его использования. Решение специалиста подтверждается расчетами или соответствующими испытаниями.

Дефекты могут быть отнесены к имеющим местное ограничение и считаться допустимыми, если они, в зависимости от размера и интенсивности нагружения изделия, не оказывают никакого значительного или оказывают только незначительное влияние на его пригодность к применению по назначению. Поскольку они укладываются в пределы допусков указанных выше трех групп, эти дефекты выделены на основе обобщенного опыта.

При этом будем опираться на отечественный ГОСТ 54792-2011 «Дефекты в сварных соединениях термопластов. Описание и оценка» [2], в котором отсутствует градация дефектов на три группы по степени их допустимости, а также на стандарт Немецкого союза по сварке и смежным технологиям DVS 2202-1:1989, в котором таковая присутствует. И будем предполагать, что проект отечественного стандарта ГОСТ Р «Дефекты сварных соединений термопластов. Уровни качества» (идентичен DIN EN 16296-2013) должен быть все-таки утвержден.

*Список литературы приведен на сайте [www.polymerbranch.com](http://www.polymerbranch.com). – Прим. ред. (Продолжение следует)*

### **Analysis of Testing Methods for Welded Plastic Products, Their Defects and Repair Possibilities**

*(Continued from PM No. 9 2021)*

**G. V. Komarov**

*Improving the quality of polymer products and reducing rejects, including by preventing the appearance of defects and repairing defective products, can significantly save material resources, production costs and time. This review is devoted to the analysis of the current state of this issue in relation to welded products made of thermoplastics. (To be continued) ■*



## **Контроль качества и анализ дефектов в полимерах и пластиках**



### ■ Входной контроль сырья:

- Полимеры
- Добавки
- Растворители.

### ■ Анализ дефектов готовых изделий:

- Нарушения состава
- Помутнение
- Загрязнения

### ■ Количественный анализ добавок и наполнителей.

- Гранулы
- Термопластики, эластомеры, резины
- Мономеры
- Наполнители
- Добавки
- Готовые изделия (пленки, волокна, детали)

Для получения более подробной информации посетите:  
[www.bruker.com/alpha](http://www.bruker.com/alpha)  
[www.lumos-ir.com](http://www.lumos-ir.com)

ООО Брукер  
 Москва • Россия  
 Тел.: +7 495 517 92-84/85  
 Факс +7 495 517-92-86  
 E-Mail: [info.bopt.ru@bruker.com](mailto:info.bopt.ru@bruker.com)

**Литература к статье Г. В. Комарова «Анализ методов контроля сварных изделий из пластмасс, их дефектов и возможностей ремонта» (часть 2)**

1. Taschenbuch DVS-Merkblätter und -Richtlinien. Fügen von Kunststoffen /13., überarbeit. und erweit. Auflage. – Berlin: Beuth Verlag GmbH, 2010. – 973 S.
2. ГОСТ Р 54792-2011. Дефекты в сварных соединениях термопластов. Описание и оценка. – М.: Стандартинформ, 2012. – 16 с.
3. *Синев В.П.* Производственный контроль. «Сварка». Том 7 (Итоги науки и техники). – М.: ВИНТИ АН СССР, 1975. – С.72 – 138.
4. *Гончаренко В.А.* Управляющий контроль качества изделий из пластмасс: Учебное пособие. – М.: МАТИ, 1991. – 73 с.
5. *Комаров Г. В.* Сварка пластмасс. В кн.: «Сварка». Том 17 (Итоги науки и техники). – М.: ВИНТИ АН СССР, 1985. – С. 3–90.
6. Проектирование, строительство и эксплуатация трубопроводов из полимерных материалов / *А. Н. Шестопал, В. С. Ромейко, В. Е. Бухин* и др.; Под ред. *А. Н. Шестопала* и *В. С. Ромейко*. – М.: Стройиздат, 1985. – 304 с.
7. *Удовенко В. Е., Сафронова И. П., Гусева Н. Б.* Полиэтиленовые трубопроводы – просто. – М.: ЗАО «Полимергаз», 2003. – С. 153–176.
8. *Герасимов А. И., Данзанова Е. В.* Определение методов исследования прочности сварных соединений полимерных труб // Сб. материалов 2-й Междунар. конф. «Сварка в России-2020»: Современное состояние и перспективы» в рамках 9-го Евразийского симпозиума по проблемам прочности и ресурса в условиях низких климатических температура «EURASTRENCOLD-2020», Якутск, 14–17 сент., 2020. Т. 2. – Якутск, 2020. – С. 81–86.
9. *Reinke M.* Sicherung und Überwachung der Schweißnahtqualität an Kunststoffrohren // 3R-International. – 1983. – Bd. 22, Nr. 11. – S. 542–547.
10. *Becker H.-J.* Die zerstörende Prüfung zur Qualitätsüberwachung von HDPE –Schweißnähten // GWS. Gas/Erdgas. – 1983. – Bd. 124, Nr.10/11. – S. 573–578.
11. ГОСТ Р 55142-2012. Испытание сварных соединений листов и труб из термопластов. Методы испытаний. – М.: Стандартинформ, 2014. – 68 с.
12. *Benninghoff H.* Schweißen und Kleben von Kunststoff // Maschinenschaden. – 1984. – Bd. 57, Nr. 2. – S. 47–48.
13. *Potente H, Zeeuw K, Suchnek H.-J.* Zerstörung Prüfen heizelementstumpfgeschweißter Kunststoffrohre // 3R-International. – 1977. – Bd. 16, Nr. 3–4. – S. 181–187.
14. *Herforth H., Neitzel M.* Beispiel zur Beurteilung und Prüfung von Schweißnähten an Kunststoff-Rohrleitungen // Plastverarbeiter. – 1976. – Bd. 27, Nr. 6. – S. 311–316.
15. DVS 2206-5 Technical Codes on Plastics Joining Technologies. Selected Translations. English edit. DVS Media GmbH, Duesseldorf, 3rd Edition, 2013. – 922 p.
16. *Speybroeck H.* Van. Dix ans d'expérimentation d'usage bout a bout du polyethylene haute densite en distribution // Gaz aujord'hul. –1979. – V. 103, No. 6. – P. 257 –270.
17. *Horvath I.* Ergebnisse der zerstörenden und zerstörungsfreien Prüfung von stumpfgeschweißten Polyäthylen – Rohrnähten // ZIS-Mitteilungen. – 1980. – Bd. 22, Nr. 8. – S. 910–917.
18. *Кораб Г. Н., Адаменко А. А.* Моделирование реологического процесса, протекающего при сварке полиэтиленовых труб нагретым инструментом встык // Автоматическая сварка. – 1984. – № 6. – С. 30–32.
19. *Horvath I., Matus J.* Hegesztett kemény poilletilén csökötések ultrahangos vizsgálatá// Gép. – 1983. – V. 35, No. 7. – P. 241–243.
20. Gütesicherung von Kunststoffschweißverbindungen // Maschinenbau. – 1979. – Bd. 8, Nr. 7–8. – S. 39–40.
21. *Sievering F.* Zerstörungsfreie Prüfung von PE-Schweißverbindungen // 3R International. – 2008. – Bd. 47, Nr. 5. – S. 266–269.
22. *Krell Th., Wetzel M.* Zerstörungsfrei, schnell und bildgebend // Adhäsion. – Kleben und Dichten. – 2011. – Nr. 11. – S. 14–18.
23. *Suchnek H.-J.* Zerstörungsfreie Prüfung von Schweißnähten an Kunststoffrohren // 3R-International. – 1978. – Bd. 17, Nr. 10. – S. 653–656.
24. *Будадин О. Н., Кутюрин В. Ю., Кутюрин Ю. Г., Юхацкая О. В.* Исследование возможности контроля сплошности сетчатых структур из полимерных композиционных материалов методом ультразвуковой термографии // 19 Всероссийская научно-техническая конференция по неразрушающему контролю и технической диагностике, Самара, 6–8 сент., 2011: Тезисы докл. – 2011. – С. 184–188.
25. *Лобанов Л. М., Пивторяк В. А., Ткачук Г. И., Черкашин Г. В.* Голографический контроль качества сварных соединений полимерных материалов // Автоматическая сварка. – 1986. – № 1. – С. 29–32.
26. *Thieme G.* Fachkunde für Schweißer. Bd. 4. Plastschweißen. – Berlin: VEB Verlag Technik, 1980. – S.65–66.
27. *Шестопал А. Н., Кораб Г. Н.* Сварка пластмасс. – Киев: ИЭС им. Е.О. Патона, 1992. – С. 110–112.