

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



УДК 620.18

Экспериментальные исследования влияния условий окружающей среды на качество сварки труб из полиэтилена высокой плотности

И.Р. Антибас

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

Аннотация

Трубы из полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) находят широкое применение в различных отраслях промышленности и строительстве благодаря своим прочностным характеристикам и долговечности. Существенное влияние на надежность трубопроводов из ПЭВП оказывает окружающая среда, которая, в свою очередь, затрагивает качество сварных соединений. Целью проведенных исследований было изучение воздействия степени концентрации пыли и скорости воздушного потока на процесс сварки труб из ПЭВП, что направлено на достижение высокого уровня качества сварных соединений и оптимизацию технологических процессов. Результаты исследования подчеркивают необходимость более глубокого понимания влияния окружающей среды на процесс сварки полиэтиленовых труб. Полученные данные демонстрируют, что традиционные параметры, такие как предел текучести и удлинение при разрыве, недостаточны для комплексной оценки качества сварки. Вместо этого более информативным критерием оказывается энергия разрушения. Визуальный анализ сварных швов выявил дефекты, такие как запыленность и пористость, что подтверждает негативное влияние загрязнения на процесс сварки.

Ключевые слова: полиэтилен, сварочный коэффициент, энергия разрушения, цементная пыль, глиняная пыль

Для цитирования. Антибас И.Р. Экспериментальные исследования влияния условий окружающей среды на качество сварки труб из полиэтилена высокой плотности. *Молодой исследователь Дона*. 2025;10(1):4–8.

Experimental Research on the Impact of Environmental Conditions on the Quality of High-Density Polyethylene Pipe Welding

Imad R. Antipas

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

Abstract

High-density polyethylene (HDPE) pipes are widely used in various sectors of industry and in civil engineering due to their strength and durability properties. The reliability of HDPE pipelines is significantly affected by the environment, which affects the quality of welding joints. The conducted research aimed to study the influence of dust concentration and air flow rate on the process of HDPE pipe welding, striving to achieve a high level of welding joint quality and optimize the technological processes. The results of the research emphasize the need for a deeper understanding of the impact imposed by the environment on the polyethylene pipe welding process. The obtained data signify that traditional parameters such as yield strength and tensile elongation are not sufficient for a comprehensive assessment of the quality of welding. Whereas, the fracture energy turns to be a more informative parameter. Visual inspection of welding joints has revealed such defects as dust concentration and porosity, which confirms the negative impact of pollution on welding process.

Keywords: polyethylene, welding coefficient, fracture energy, cement dust, clay dust

For Citation. Antipas IR. Experimental Research on the Impact of Environmental Conditions on the Quality of High-Density Polyethylene Pipe Welding. *Young Researcher of Don*. 2025;10(1):4–8.

Введение. Качественная и своевременная доставка питьевой, а также технической воды потребителям приобретает все большее значение, и в этом контексте трубопроводы из современных материалов на основе полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) становятся все более распространенными. Такие трубопроводы выделяются своими характеристиками, включая прочность, гибкость и устойчивость к коррозии. Процесс сварки играет ключевую роль в обеспечении высокой функциональности и структурной целостности трубопроводов [1–3]. Однако

наличие различных частиц пыли в воздухе может значительно осложнить соединение труб, приводя к загрязнению зоны сварки и, как следствие, к образованию слабых или дефектных соединений. Кроме того, ветер может влиять на процесс сварки, нарушая равномерность распределения тепла и скорость охлаждения расплавленного материала. Таким образом, исследование влияния пыли и ветра на характеристики сварки полиэтиленовых труб становится важной задачей для обеспечения качества и безопасности систем водоснабжения [4, 5].

Целью данного исследования является изучение влияния степени концентрации пыли и скорости воздушного потока на качество сварки стыков полиэтиленовых труб.

Основная часть. Исследуемая труба изготовлена из полиэтилена высокой плотности PE100, обладающего наружным диаметром 250 мм и толщиной стенки 22,7 мм. Соотношение диаметра к толщине (SDR) составляет 11, а максимальное давление, на которое рассчитана труба, равно PN = 16 бар.

Для изучения влияния пыли и скорости воздушного потока на качество сварки были выбраны два типа пыли — цементная и глинистая. В эксперименте также рассматривались три значения скорости воздушного потока, создаваемого вентилятором: V1 = 6,5 км/ч, V2 = 8,0 км/ч и V3 = 9,5 км/ч. Кроме того, были установлены три расстояния между источником пыли и сварочной поверхностью: модель А — 30 см, модель В — 60 см и модель С — 90 см.

Сварка стыков труб проводилась в условиях стандартного давления и температуры с обеспечением защиты от пыли на этапе извлечения сварочной пластины.

Эксперименты были проведены в соответствии с EN ISO 527-1 с использованием растяжного устройства (рис. 1). На образцах (рис. 2) проводились испытания при скорости растяжения 50 мм/мин при комнатной температуре.



Рис. 1. Растяжное устройство

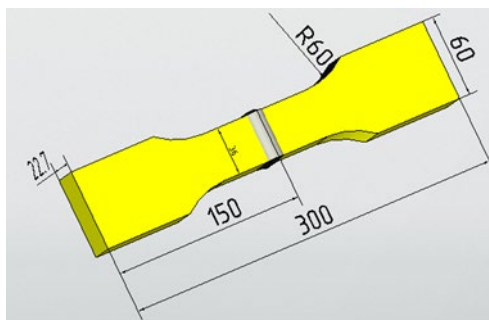


Рис. 2. Образец

Результаты проведенных исследований продемонстрировали, что у образцов, на которые в процессе испытаний воздействовала цементная пыль, величины удлинения и энергии разрыва изменялись в зависимости от скорости ветра. Эти изменения оказывали значительное влияние на качество сварки, что подтверждает необходимость учета факторов окружающей среды при выполнении сварочных работ.

Коэффициент сварки полиэтиленовых труб определяется по известной формуле:

$$f = \frac{\sigma_w}{\sigma_n},$$

где σ_w — напряжение сварной трубы; σ_n — напряжение разрыва эталонной трубы.

Если значение коэффициента сварки равно или превышает единицу, это указывает на то, что сваренный образец соответствует эталонному образцу.

Энергия разрыва определяется по соотношению согласно:

$$TEB = \int \sigma d\varepsilon,$$

где σ — напряжение; ε — удлинение.

Влияние коэффициента сварки

В таблице 1 приведены результаты расчета коэффициента сварки, полученного при разрушающем напряжении, удлинении при разрыве, а также энергии разрыва для всех образцов.

Таблица 1

Результаты расчёта коэффициента сварки

№ образца		Значения коэффициента сварки, полученные при:		
		Разрушающем напряжении	Удлинении	Энергии разрыва <i>TEB</i>
2	A	1,00	0,98	1,01
	B	1,02	1,01	1,03
	C	1,03	1,01	1,05
3	A	1,00	0,69	0,65
	B	1,00	0,70	0,69
	C	1,00	0,14	0,12
4	A	1,03	0,21	0,17
	B	1,01	0,16	0,14
	C	1,03	0,14	0,12
8	A	1,02	0,12	0,08
	B	1,04	0,09	0,08
	C	1,03	0,14	0,12
5	A	1,05	0,18	0,14
	B	1,04	0,70	0,70
	C	1,04	0,58	0,56
6	A	1,02	0,15	0,12
	B	1,04	0,15	0,13
	C	1,03	0,74	0,73
7	A	1,02	0,63	0,62
	B	1,00	0,15	0,13
	C	1,00	0,23	0,20

Для разрушающего напряжения коэффициент сварки колеблется в пределах 1–1,05; для удлинения при разрыве — в пределах 0,09–1,01; по энергии разрыва — в пределах 0,08–1,05.

Модели разрушения. Можно выделить четыре модели разрушения образца:

Модель 1. В этой модели образец разрушается до того, как сечение начнёт деформироваться и при 100 % удлинении. Результат этой модели классифицируется как плохой.

Модель 2. Образец достигает значений, превышающих предел текучести. Сечение начинает деформироваться, а удлинение составляет от 100 до 500 %. Результат данной модели классифицируется как приемлемый.

Модель 3. Образец достигает значений, превышающих предел текучести. Сечение нарушено, удлинение составляет от 500 до 900 %. Результат данной модели классифицируется как хороший.

Модель 4. Образец достигает значений, превышающих предел текучести. Сечение нарушено, удлинение превышает 500–900 %. Результат этой модели классифицируется как отличный.

На рис. 3 представлены различные модели разрушения.

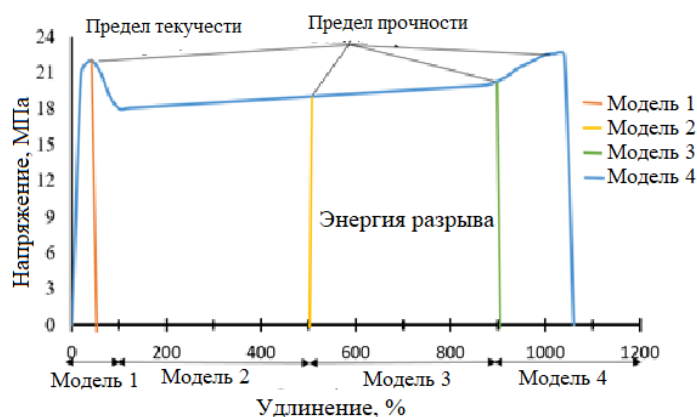


Рис. 3. Модели разрушения

Влияние качества пыли. Результаты показывали, что среднее значение энергии разрушения при использовании цементной пыли составляет $0,033 \text{ Дж/мм}^3$, а глинистой пыли — $0,051 \text{ Дж/мм}^3$.

Качество сварки загрязненных глинистой пылью образцов лучше, чем цементной, поскольку частицы цемента мягче, чем частицы глины. Это объясняется тем, что определенный процент цементной пыли остаётся во взвешенном состоянии в воздухе в течение более длительного времени.

Обсуждение и заключение. Приведенное экспериментальное исследование подчеркивает критическую важность учета окружающей среды при применении сварочной технологии для соединения полиэтиленовых труб. Воздействие пыли на процесс сварки и механические свойства труб оказывается значительным, при этом результаты показывают, что качество сварного шва невозможно оценить лишь на основе традиционных параметров, таких как предел текучести или удлинение при разрыве. Вместо этого, энергия разрушения выступает более информативным критерием для оценки качества сварного соединения.

В ходе исследования были визуально зафиксированы некоторые дефекты, такие как запыленность сварного шва и образование пористости на поверхности стыка. Эти дефекты свидетельствуют о том, что загрязнение зоны сварного шва цементной или глинистой пылью значительно ухудшает качество сварки. Использование энергии разрушения может стать эффективным методом оценки этого качества.

Хотя результаты не показали значительного влияния скорости воздуха на уровень запыленности зоны сварки, классификация сварного шва в зависимости от степени загрязнения позволяет определить уровень качества соединения. Коэффициент сварки, который отражает эффективность соединения, также может зависеть от степени загрязнения: чем выше уровень загрязнения, тем ниже коэффициент сварки, что указывает на ухудшение качества соединения.

В дальнейшем исследовании могут сосредоточиться на разработке методов предотвращения загрязнения зоны сварки, а также на улучшении подходов к оценке качества сварки с учетом воздействия различных типов пыли. Мы рекомендуем провести спектроскопическое исследование сварочного шва, так как текущее исследование не позволяет установить, насколько глубоко пыль проникла в расплавленную зону, и привела ли она к образованию пор и пустот в его массе. Это позволит более точно оценить влияние загрязняющих факторов на качество сварного соединения и степень коэффициента сварки.

Список литературы

1. Antypas IR. Polyethylene Resistance to Oil and Associated Water. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2023;23(1):55–65. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2023-23-1-55-65>
2. Antypas IR, Dyachenko AG. Effect of Certain Hydrocarbon Compounds on High-density Polyethylene Water Pipes. *Materiale Plastice*. 2022;59(3):91–99. <https://doi.org/10.37358/MP.22.3.5608>
3. Potente H, Tappe P. Heated Tool-Butt Welding of Polyethylene-Pipes — Welding Parameters and Testing Technique. *Materials and Design*. 1985;5(6):273–280, [https://doi.org/10.1016/0261-3069\(85\)90112-8](https://doi.org/10.1016/0261-3069(85)90112-8)
4. Antypas IR. Effect of Glass Fiber Reinforcement on the Mechanical Properties of Polyester Composites. *Advanced Engineering Research (Rostov-on-Don)*. 2023;23(4):387–397. <https://doi.org/10.23947/2687-1653-2023-23-4-387-397>
5. Dai Z, Fan L, Xu S. Study on Welding Performance of PE Polyethylene Gas Pipe. *Electr. Technol*. 2013;2:155–157.

Об авторе:

Имад Ризакалла Антибас, кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования машин Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1) Imad.antypas@mail.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Imad R. Antipas, Cand.Sci. (Engineering), Associate Professor of the Fundamentals of Machinery Design Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation) Imad.antypas@mail.ru

Conflict of Interest Statement: the author declares no conflict of interest.

The author has read and approved the final manuscript.