

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Ботвина Глеба Владимировича** «Разработка технологии сварки полипропиленовых труб нагретым инструментом в раструб при отрицательных температурах окружающего» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

НИИ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 1889	в ДЕЛО
«08.09.2020» г.	№
Прил. 6 л.	подп.

Актуальность темы диссертации.

Общепризнанным является расширение областей применения труб из полимерных материалов и вытеснение ими металлических трубопроводов бытового и общетехнического назначения. К достоинствам полимерных труб относятся низкая масса, относительно не высокая стоимость, инертность к действию климатических факторов окружающей среды в условиях хранения и эксплуатации, обладание требуемым сочетанием механических, теплофизических, диэлектрических свойств (они не проводят блуждающие токи), химической устойчивостью к действию агрессивных сред, а также высокой технологичностью при монтажных работах, экологичностью и возможностью вторичной переработки. Благодаря низкой поверхностной энергии и шероховатости, на внутренней поверхности труб не образуется отложений и налета органического и неорганического происхождения. При замерзании воды в трубах, они не разрушаются благодаря высокому термическому расширению в К основным недостаткам полимерных труб можно отнести их горючесть, низкая устойчивость к действию ультрафиолетового излучения и высокая хрупкость при низких температурах окружающей среды. В настоящее время наибольшее применение нашли трубы из полиэтилена, в том числе, с сетчатой топологией молекулярной структуры и полипропилена. При близком химическом строении, эти полимеры имеют различные показатели эксплуатационных и технологических свойств. Так например, температура плавления полиэтилена составляет около 105 градусов Цельсия, а допустимое внутренне давление для полиэтиленовых труб составляет 16 атмосфер, в то же время для полипропилена эти значения составляют 160-180 градусов и 20 атмосфер, соответственно. Кроме этого для полипропилена характерны более высокие значения разрушающего напряжения при растяжении.

Наибольшее распространенным способом соединения труб из полипропилена при монтаже является контактная сварка плавлением благодаря ее относительной простоте, доступности оборудования и технологичности процесса. Основным регламентирующим документом для этого процесса является СП 40-101-96 «Свод правил по проектированию монтажу трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер». Среди множества требований к организации процесса сварки, документом определены жесткие условия к температуре окружающей среды, которая не должна быть ниже 0 градусов Цельсия. При пониженных температурах окружающей среды, на практике используют временные укрытия, обеспечивающие требуемые условия проведения сварочных процессов соединения полипропиленовых труб. Освоение ресурсов Крайнего Севера Российской Федерации, потребовало создание нормальных условий проживания человека и функционирования промышленных предприятий, среди которых водо-, тепло, газоснабжение и канализационного отвода сточных вод, являются наиболее значимыми. При этом наиболее приемлемыми для этих целей являются трубопроводы из термопластичных полимерных материалов, среди которых полипропиленовые трубы обладают значительными преимуществами. Однако требования к проведению процессов соединения полипропиленовых труб методом контактной плавления при температурах не ниже нуля градусов Цельсия, создает значительные трудности в обеспечении высокого качества сварки. В настоящее время отсутствуют научно-методические основы создания, эксплуатации и ремонта сварных соединений полипропиленовых труб.

В области изучения процессов соединения материалов методами сварки в условиях низких температур, в Институте проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской

Академии наук, создана и активно работает научная школа, обладающая комплексом современного исследовательского и технологического оборудования, а также высококвалифицированными кадрами. В институте накоплен богатый опыт изучения материалов и процессов, предназначенных для условий Крайнего Севера РФ.

По совокупности практических и научных проблем в создании бездефектных сварных соединений труб из полипропилена, свидетельствует о современности диссертационной работы Г.В. Ботвина и ее актуальности для развития науки о технологии сварки материалов и изделий на их основе.

Научная новизна результатов работы.

1. Автором впервые, на основе изучения имеющихся в научной среде данных о структуре, свойствах и технологических возможностях переработки полимерных материалов, и в частности, полипропилена, а также процессах сборки изделий и труб методами сварки, а также результатов собственных виртуальных, экспериментальных исследований и натурных испытаний, разработал научно-методические основы технологии сварки полипропиленовых труб нагретым инструментом в раструб при отрицательных температурах окружающего воздуха районов Крайнего Севера РФ.

2. На основе комплекса собственных исследований структуры и свойств полипропилена в различных зонах клеевых соединений, автор предложил принцип выбора наиболее рациональные технологические параметров сварочных процессов, обеспечивающие высокие механические свойства материала сварного соединения труб за счет формирования бездефектной сферолитной структуры полипропилена, не значительно отличающейся от исходного материала.

3. На основе результатов расчетно-аналитического метода изучения явлений теплопереноса в области формирования сварного соединения деталей трубопровода на различных стадиях процесса: предварительного нагрева, технологической выдержки и охлаждения, экспериментальных исследований и натурных испытаний, выполненных с помощью нестандартных авторских методик, автором предложен механизм формирования межфазных зон с когезионным уровнем межмолекулярного взаимодействия полипропилена различных деталей- труб и муфты, обеспечивающий высокие эксплуатационные свойства трубопровода. При этом огромное влияние на прочность сварных соединений оказывает скорость его охлаждения, которая не должна 10-20 градусов в минуту для различных этапов охлаждения.

Практическая значимость результатов работы.

Практическая значимость диссертации подтверждена рядом инновационных разработок: специальной оснастки предварительного подогрева и основной сварки соединяемых деталей, применения теплоизоляционных материалов и технологических рекомендаций (Приложения А диссертации) сварки в расширенном диапазоне допустимых температур окружающего воздуха до минус 50 градусов Цельсия, которые по своему содержанию и значимости могут быть дополнением к основному регламентирующему документу - СП 40-101-96 «Свод правил по проектированию монтажу трубопроводов из полипропилена «Рандом сополимер».

Им получено два патента на изобретение и два свидетельства о регистрации программ для ЭВМ.

Практическая значимость результатов диссертации подтверждена Актом их внедрения от 30.01.2017 года на предприятии ПАО «Якутскэнерго» в виде рекомендаций по хранению, транспортировке и установке дренажей и пожарных гидрантов из полипропиленовых труб, трубопроводов отопления распределительных сетей надземной прокладки в условиях Крайнего

Севера, а также проведению аварийного ремонта на открытом воздухе при значениях температур окружающего воздуха ниже нормативных, прошедших практическую апробацию к моменту представления диссертации к защите на соискания ученой степени кандидата технических наук.

Результаты структурных исследований полипропилена в зоне сварного соединения труб, нестандартные методики и результаты испытаний трубопроводов, а также разработанные автором научно-технические рекомендации формирования высококачественных сварных соединений полипропиленовых труб различного диаметра могут быть использованы в учебно-методических материалах и учебных процессах подготовки бакалавров, магистров и аспирантов в рамках укрупненной группы направлений подготовки: «Инженерное дело, технологии и технические науки по специальным профилям подготовки с получением соответствующих квалификаций, а также на курсах повышения квалификации и переподготовки специалистов технических отраслей народного хозяйства РФ.

Достоверность результатов исследований базируется на всестороннем анализе публикаций выполненных ранее и опубликованных в доступной литературе научно-исследовательских работ по предмету исследования, использованием расчетно-аналитических методов описания процессов теплопереноса в различных зонах свариваемых пропиленовых деталей, выполнением огромного объема экспериментов по сварке трубопроводов из пропиленовых труб при естественно низких температурах воздуха, соответствующим условиям Крайнего Севера, использованием стандартизованных методик, подтверждающих расчетные данные, а также натурных испытаний с помощью авторских методик.

Общая характеристика работы.

Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов, списка использованной литературы из 137 наименований. Общий объем диссертации составляет 156 страниц, включая 90 рисунков и 8 таблиц. Она содержит три приложения объемом 17 страниц. Если давать общую оценку оформления диссертации, то можно отметить, что она достаточно иллюстрирована, изложена современным научным языком, хорошо структурирована, а ее разделы логически увязаны между собой.

В целом диссертационная работа представляется как комплексное исследование, посвященное изучению технологии сварки полипропиленовых труб нагретым инструментом в раструб при низких температурах воздуха в условиях эксплуатации Крайнего севера без строительства отапливаемых укрытий.

Комплексность исследования подтверждается тем, что соискатель изучил и разрабатывал технологию сварки, моделировал тепловые процессы, оценивал структуру и прочность сварных соединений и отдельных его участков, предлагая свои методы испытания и устанавливая связь ее показателей со структурой материала.

Тема диссертации Ботвина Г.В. весьма актуальна как с теоретической, так и с прикладной точек зрения, поскольку строительство полипропиленовых трубопроводов для газоснабжения населения и различных производств в условиях севера РФ требует научной проработки и технического обоснования. Воспользоваться на этот счет зарубежными данными не представляется возможным из-за закрытости сведений о применяемых технологиях, например, в Канаде, Аляске или Гренландии.

Во введении автор кратко осветил существующие технологии сварки при низких температурах и методы оценки качества сварных соединений. Описал свойства полипропилена и сополимеров полипропилена, виды и типоразмеры объекта исследования.

Он четко сформулировал цель диссертационной работы и логично изложил поставленные задачи. Во главу задач поставлено исследование эффективности разрабатываемых методов сварки, исследование надмолекулярной структуры и свойств

материала сварных швов. Им дана характеристика научной новизны и практической значимости результатов диссертационной работы, определена рабочая гипотеза исследования, базирующаяся на учете низкой теплопроводности фононного механизма переноса тепла и высокой теплоемкости полипропилена, обуславливающие в совокупности длительное сохранение теплоты при сварке в условиях низких температур окружающего воздуха и формирование мелкокристаллической сферолитной структуры при охлаждении зоны сварного шва, обеспечивающей высокий уровень его физико-механических свойств и доказана достоверность результатов проведенных исследований. Автор подробно рассмотрел свой личный вклад в организацию, проведение и обработку результатов исследований выбранных объектов и процессов их сварки. Он включает:

Исследование влияния температур ОВ на степень кристалличности, структуру материала сварного шва и на динамику температурного поля при раструбной сварке ПП труб по существующей технологии и с ее нарушением.

Исследование тепловых процессов раструбной сварки ПП труб при различных температурах ОВ, включая естественно низкие температуры до -45°C .

Определение технологических режимов в зависимости от температуры ОВ и проведение сварки ПП с расчетными параметрами при отрицательных температурах регионов холодного климата. корректировка значений параметров.

Разработку методов испытаний для контроля качества сварных раструбных соединений, в том числе по зонам.

Исследование кратковременной и длительной прочности раструбных соединений, выполненных при отрицательных температурах по предлагаемым режимам сварки.

Разработку технологии сварки ПП труб в раструб при отрицательных температурах ОВ, обеспечивающей прочность соединения не ниже прочности соединений, выполненных при допустимых температурах

В первой главе объемом 25 страниц и являющейся по существу литературным обзором состояния изучаемой проблемы и результатов исследований сварки полимерных труб основными отечественными и некоторыми зарубежными учеными. В разделе проведен подробный анализ данных о применении полипропиленовых труб при низких температурах и экономической эффективности этих труб по сравнению со стальными. Одним из сдерживающих факторов широкого применения полимерных труб является отсутствие надежной технологии их сварки при низких температурах окружающего воздуха. Ботвин Г.В. хорошо знаком с современным состоянием сварки полимерных труб и методами испытания сварных соединения в условиях реальной стройки. Отсутствие заметного числа ссылок на зарубежных авторов и организаций не означает, что диссертант не знаком с их работами. Дело в том, зарубежные публикации по вопросам сварки полимерных труб проанализированы в работах отечественных цитируемых диссертантом авторов. Здесь же соискатель выбрал объекты исследований – полипропиленовые трубы двух наиболее типовых для диаметров В целом считаю, что литературный обзор позволил диссертанту убедиться в правильности постановки сформулированных им цели и задач исследований.

Вторую главу объемом 35 страниц можно признать основной с точки зрения научно-практической значимости диссертационной работы Ботвина Г.В.

Для разработки технологии сварки нагретым инструментом в раструб при низких температурах, диссертант выбрал подход с предварительным подогревом специальным инструментом. Научной новизной обладают данные о режимах сварки и свойствах сварных соединений. Следует отметить, что применение предварительного подогрева является одной из современных тенденций в технологии сборки методом сварки полимерных деталей за рубежом.

Там это используется главным образом для ускорения процесса сварки, для согласования его продолжительности с продолжительностью других операций, выполняемых на конвейере. Ботвин Г.В. поставил более важную задачу, повысить качество сварных соединений. Установленные им режимы предварительного подогрева и сварки имеют научную новизну. Осуществляя предварительный подогрев во время сварки предыдущего стыка, можно и ускорить строительство трубопровода. Заслуга диссертанта состоит в использовании математического моделирования с применением программ, в разработке которых он принимала непосредственное участие, что подтверждается двумя свидетельствами о регистрации программ для ЭВМ. Установлена адекватность математической модели, используемой для определения режимов сварки при низких температурах воздуха. Точность расчетов подтверждена экспериментами.

Важное место в диссертации Ботвина Г.В. занимает главы 3 и 4, посвященные исследованию структуры и физико-механических свойств полипропилена и сварных соединений, изготовленных сваркой нагретым инструментом в раструб. Эти главы имеют важное академическое значение для развития науки о технологии сварки полимеров в целом и труб, в частности. Диссертант выделила несколько зон в сварном соединении, изучила прочность материалов этих зон, изучила структуру материала зон с привлечением современных методов исследования, предложила методики изготовления образцов с заданной площадью сварки. Установлено, что требуемый комплекс физико-механических свойств сварных соединений полипропиленовых труб обеспечивается микросферолитной структурой с размерами кристаллитов 4-5 мкм. Вся работа выполнена тщательно, характеризуется большим объемом экспериментов.

Замечания по диссертации.

1. Автор не выделил в отдельную главу материалы по выбранным объектам предметам и стандартным методам исследований, что серьезно затруднило анализ работы в целом.

2. Не ясно, являются материалы п 1.2 «Исследование физико-механических -механических свойств материала полипропиленовых труб в зависимости от температуры» обобщением результатов исследований, выполненных и опубликованных другими учеными или они выполнены автором диссертации.

3. При математическом моделировании автор рассмотрел процессы теплопереноса в полимерных трубах, используя в качестве объекта полиэтилен. При этом в сравнительном анализе расчетных и экспериментальных данных он рассмотрел полипропиленовые трубы.

4. Автором не изучены остаточные напряжения, механизм их формирования и влияние на структуру и свойства материала в зоне сварного шва, а также процессы самодиффузии на границе раздела фаз и их влияние на формирование межфазного слоя, обеспечивающего требуемый уровень эксплуатационных характеристик трубопроводов.

5. Автором поставлена задача определения оптимальных параметров сварки нагретым инструментом в раструб полипропиленовых труб при низких температурах. Однако он при исследовании не провел соответствующих исследований и ограничился нахождением рациональных параметров сварки.

Замечания не снижают общей положительной оценки работы в целом.

Диссертация. Ботвина Г. В. является законченным научным трудом. Он успешно

выполнил квалификационную работу, продемонстрировав глубокие знания и практические навыки в технологии сварки изделий из полимерных материалов, а также умение использовать знания из смежной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы» и специальности 05.16.09 – «Материаловедение (по отраслям)». Работа имеет большое практическое, методическое значение и способствует продвижению разработанных принципов сварки полимерных материалов в новые области и не только сварки труб.

Общие выводы полностью отражают основные научные и технические результаты, достигнутые диссертантом.

Практическая значимость результатов исследований диссертанта подтверждена актом о принятии к их использованию в ПАО «Якутскэнерго».

Заключение по диссертации.

Диссертационная работа Г.В. Ботвина актуальна для науки и техники, содержит научную и практическую значимость, соответствующую специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии» и охватывает следующие области исследования, предусмотренные паспортом:

- физические процессы в материалах при сварке и родственных технологиях, фазовые и структурные превращения, образование соединений и формирование их свойств;

- технологические основы сварки плавлением;
- тепловые процессы и деформации при сварке, пайки и наплавке;
- влияние конструктивных особенностей сварных соединений и технологии сварки на прочность, надежность и ресурс сварных конструкций.

Автореферат и опубликованные по теме диссертационного исследования работы полностью раскрывают ее основное содержание. Работа прошла широкую апробацию, основные результаты диссертации отражены в 18 публикациях, в том числе в 6 статьях в рецензируемых журналах, входящих в перечень рекомендованных ВАК РФ, доложены на многочисленных конференциях, получено 2 патента РФ на изобретение и в двух свидетельствах о регистрации программ для ЭВМ.

В целом диссертация Ботвина Глеба Владимировича является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение важной научно-технической задачи для различных отраслей: сварка и эксплуатация полимерных труб в условиях Крайнего Севера при значениях температур окружающего воздуха ниже нормативных.

По научному уровню, полученным результатам, содержанию и оформлению диссертационная работа соответствует требованиям, предъявляемым диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, по п.п 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842. Автор диссертации Ботвин Глеб Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.10 «Сварка, родственные процессы и технологии»

Доктор технических наук, профессор
кафедры «Технологии композиционных
материалов, конструкций и микросистем»

"Московский авиационный институт Научно-исследовательский университет" – МАИ

Бухаров С.В.

Подпись профессора Бухарова С.В., заверяю

