

2. Бабушкин В.И., Плугин А.А., Матвиенко В.А., Костюк Т.А./ Влияние активных поверхностных центров на прочность свежесформованных мелкозернистых бетонов./ Науковий вісник будівництва.- Харків; ХДГУБА; ХОТВ АБУ. 1999. - Вип. 5. - С.85-89.
3. Бабушкин В.И., Кондращенко В.И. О роли коллоидно-химических явлений в процессах гидратации, структурообразования и коррозии цемента и бетона //- Труды МИИТ.- Вып. 902.- М., 1997.- С.65-69.
4. Горшков В.С., Тимашев В.В., Совельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ. – М.: Высшая школа, 1981. – 335 с.
5. Мчедлов-Петросян О.П. Химия неорганических строительных материалов / О.П. Мчедлов-Петросян. – М.: Стройиздат, 1988. – 304с.
6. Сватовская Л.Б., Сычев М.М., Орлеанская Н.Б. Электронные явления при твердении вяжущих// Цемент.- 1980.-№7.

УДК 628.147.25

Гончаренко Д.Ф., Бондаренко Д.А.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

Коваленко А.Н., Булгаков Ю.В.

КП «Харьковводоканал»

ПРЕИМУЩЕСТВА ПРИМЕНЕНИЯ БАЗАЛЬТОВЫХ ТРУБ В ПОДЗЕМНЫХ ИНЖЕНЕРНЫХ КОММУНИКАЦИЯХ

Введение. На сегодняшний день рациональный выбор материала для ремонтно-восстановительных работ на сетях водоснабжения и водоотведения является актуальной задачей.

Опыт применения металлических труб для систем холодного и горячего водоснабжения, водоотведения, транспортировки нефтепродуктов и других агрессивных жидкостей показал, что они сильно подвержены коррозии, снижающей срок их эксплуатации до нескольких лет.

Цель и задачи. Естественной является наблюдаемая в мире тенденция к замене стали и чугуна на композиционные материалы с высокой химической стойкостью и долговечностью, к которым в первую очередь следует отнести стеклопластики, обладающие комплексом высоких эксплуатационных свойств. Однако, в настоящее время требования к композитам возросли, особенно в части их тепло- и химической стойкости, устойчивости к действию микроорганизмов, грунтовых и сточных вод [1]. Одним из эффективных вариантов, который удовлетворяет пере-

численным критериям, является применение труб на основе базальта.

Результаты исследования. Базальт – это изверженная горная порода, обладающая особыми свойствами: мало подвержен механическому истиранию и имеет очень высокую прочность, при этом он индифферентен к любым неорганическим или органическим кислотам, а также и щелочам, кроме того базальт имеет высокую температуру плавления [2].

Базальтовые трубы имеют высокую хладостойкость, что делает возможным использование их при монтаже трубопроводов, пролегающих по поверхности земли. Трубы из этого материала обладают очень низким коэффициентом теплопроводности, а это позволяет значительно снизить энергозатраты во время транспортировки теплоносителей. Также базальтовые трубы защищены от «зарастания» внутреннего сечения. Кроме того, существенным преимуществом является то, что при помощи базальтовых труб можно увеличить срок службы трубопроводов различного назначения в несколько раз.

Кроме того, базальтовые трубы совершенно не подвержены коррозии или гниению, абсолютно не пригодны для размножения микроорганизмов и являются экологически безопасными [3].

Современное оборудование в литейной промышленности позволяет производить трубы любых диаметров. Камнелитые базальтовые трубы изготавливают методом отливки из расплавленной горновулканической породы (рис. 1, 2). Плавку проводят в специальных печах, из которых базальт через приемник выдается в виде расплавленной массы для заливки в формы [4]. Стандартная длина камнелитых труб – до 500 мм, труба имеет прочные фланцы с двух сторон. Внешняя поверхность труб и деталей к ним защищена с помощью покраски противокоррозионной краской. Внутренний диаметр камнелитых труб, произведенных в промышленных масштабах, может достигать 610 мм [5].

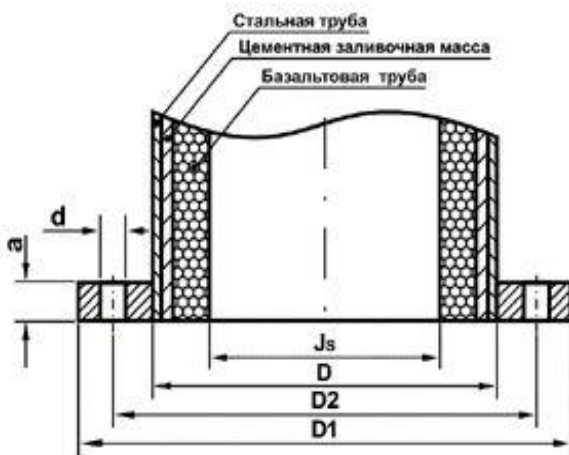


Рис. 1. Схема расположения слоев в камнелитой базальтовой трубе



Рис. 2. Базальтовые камнелитые трубы ООО ТД «Уральский Базальт»

В пластиковых трубах (СБПТ) (рис. 3) в качестве армирующего волокна может применяться любое непрерывное волокно. На практике для этих целей используется, главным образом, стекловолокно, как наиболее доступный и дешёвый материал. Высокая адгезия базальтового волокна к эпоксидным связующим и значительное возрастание модуля упругости способствуют повышению несущей способности конструкций, работающих в сложных напряженно-деформированных состояниях. К таким конструкциям относятся, например, соединения труб из композитных материалов. Полученные данные по результатам отработки и многолетней эксплуатации свидетельствуют о высокой надежности соединений базальтопластиковых труб [6].



Рис. 3. Образец трубы из пластика [7]

Базальтовые волокна имеют существенные преимущества перед стеклянными по показателям теплостойкости, химической стойкости и водостойкости. Особое значение имеет более высокий модуль упругости базальтовых волокон (примерно, в 1,5 раза выше, чем у алюмоборосиликатного стекла) для изготовления композитных труб. Модуль упругости, определяющий жесткость труб из композитных материалов, особенно в кольцевом направлении, имеет значение, не менее важное, чем прочность.

Непрерывное базальтовое волокно, наряду с другими видами волокон, относится к армирующим материалам, широко используемым в современных техноло-

гиях при изготовлении композитов – искусственно созданных многокомпонентных материалов, состоящих из пластичной полимерной основы (матрицы) и армирующего наполнителя.

Многие композиты на основе волокон значительно превосходят традиционные материалы и сплавы по своим механическим и физико-химическим свойствам. Они обладают коррозионной стойкостью, химической инертностью, низким коэффициентом теплопроводности, высокими удельными механическими характеристиками, малым удельным весом. Изделия и конструкции на основе композиционных материалов долговечны, использование композитов позволяет уменьшить массу конструкции и сократить расходы на установку и монтаж.

Непрерывное базальтовое волокно является очень перспективным материалом,

оно обладает уникальным набором свойств и по своим физико-химическим и механическим свойствам превосходит наиболее широко применяемые стекловолокна из Е-стекла и близко к высокомодульным S-стеклам, при этом значительно дешевле последних.

Для особо ответственных применений – в аэрокосмической, военной промышленности и т.п. – используются более прочные и при этом более дорогие волокна: высокомодульные S-стекла, арамидные, углеродные волокна.

Базальтовое непрерывное волокно по прочностным характеристикам занимает промежуточное положение между Е-стеклами и S-стеклами, по температуре применения превосходит стекловолокно и арамидные волокна, в отличие от арамидных волокон не боится воды и не подвержено старению (табл. 1).

Таблица 1 – Сравнительные характеристики армирующих волокон

Показатель	БНВ	Е-стекловолокно	S-стекловолокно	Арамидное волокно	Углеродное волокно
Прочность на растяжение, МПа	2500-3000	1400-2600	3100-4300	2900-3400	3500-6000
Модуль упругости, ГПа	84-87	72-76	87-90	70-140	230-600
Относительное удлинение при разрыве, %	3,1	4,7	5,3	2,8-3,6	1,5-2,0
Диаметр волокна, мкм	6-21	6-21	6-21	6-15	5-15
Текс	60-4200	40-4200	400-4200	600-1800	600-2400
Температура применения, °С	от -260 до +600	от -50 до +380	от -50 до +300	от -50 до +290	от -50 до +700
Стоимость, у.е./кг	2,5-3,0	1,1-1,4	2,5-3,5	25	25-50

По сравнению с наиболее близкими к ним по свойствам волокнам из Е-стекла базальтовые непрерывные волокна обладают на 15-20% более высокими показателями модуля упругости и прочности на растяжение (рис. 4). Также базальтовое непрерывное волокно характеризуется более широким температурным диапазоном применения и более высокой химической стойкостью по сравнению с волокнами из Е-стекла (табл. 2).

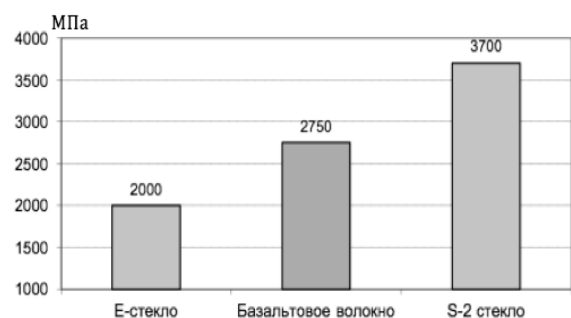


Рис. 4. Сравнительные характеристики прочности на растяжение базальтового волокна и стекловолокна, МПа

Объем мирового производства непрерывного базальтового волокна на несколько порядков ниже, чем объем выпуска стекловолокна и составляет около 10 тыс. т/год. Это обусловлено особенностями технологии производства непрерывного базальтового волокна (БНВ). Необходимо отметить, что всего несколько стран в мире, в том числе, Россия и Украина, сумели организовать выпуск БНВ в промышленных масштабах.

В Украине производство труб на основе базальтового волокна налажено в Киеве и Харькове [8].

Известно, что потенциальные возможности материала, связанные с его высокой прочностью, используются не полностью

в связи с потерей герметичности. Одним из главных резервов увеличения давления разгерметизации и приближения его к давлению необратимого разрушения является повышение модуля упругости, за счет которого снижаются деформации трубы и уменьшается образование трещин и пор в пластике.

По различным оценкам при одинаковом давлении разгерметизации и при прочих равных условиях, базальтопластиковые трубы могут иметь толщину примерно на 15% ниже, чем стеклопластиковые. В этом заключается важный резерв снижения стоимости и, следовательно, повышения конкурентоспособности продукции.

Таблица 2 – Сравнительные характеристики нитей из стеклянных и базальтовых волокон

Свойства	Базальтовое волокно	Волокно из Е-стекла
Термические		
Температура применения, °С	от -260 до +600	от -60 до +460
Температура спекания, °С	1050	600
Коэффициент теплопроводности, Вт/м, °К	0,031-0,038	0,034-0,04
Физические		
Диаметр элементарного волокна, мкм	7-17	6-17
Текс (г/км)	28-120	17-480
Плотность, кг/м ³	2600-2800	2540-2600
Модуль упругости, кг/мм ²	9100-11000	до 7200
Остаточная прочность при растяжении (после термообработки):		
при 20 °С	100	100
при 200 °С	95	92
при 400 °С	82	52
Химическая устойчивость грубого волокна (потеря веса после 3 ч кипячения) в:		
H ₂ O	1,6	6,2
2N NaOH	2,75	6,0
2N HCl	2,2	38,9
Электрические		
Удельное объемное электрическое сопротивление, Ом м	1×10 ¹²	1×10 ¹¹
Тангенс угла диэлектрических потерь при частоте 1 мГц	0,005	0,0047
Относительная электрическая проницаемость при частоте 1 мГц	2,2	2,3
Акустические		
Нормальный коэффициент звукопоглощения	0,9-0,99	0,8-0,93

Следует также отметить, что базальтовое волокно обладает значительно меньшей гигроскопичностью, чем стеклянное (примерно в 10 раз), благодаря чему существенно снижаются энергозатраты, связанные с удалением влаги, и снижаются трудозатраты на изготовление продукции [6].

С точки зрения применения таких труб в системах жилищно-коммунального хозяйства, они характеризуются следующими основными достоинствами:

- по ударным характеристикам и давлению (от 1 до 20 МПа) являются аналогом металлических труб или превосходят их (лучше выдерживают гидравлические удары);
- СБПТ легко стыкуются с имеющимися стальными трубопроводами;
- СБПТ могут использоваться для любых жидкостей (вода горячая, холодная, в том числе питьевая; нефть и любые нефтепродукты, химически агрессивные жидкости, в том числе кислоты);
- внутренняя поверхность СБПТ обеспечивает гидравлическое сопротивление в 1,3 раза меньше, чем у стальных труб, поэтому через одинаковый диаметр можно пропустить объем жидкости больше на 30% либо снизить давление при перекачке;
- морозоустойчивость характеризуется тем, что в пластиковых трубах вода не замерзает до -15°C , в теплостойких – до -55°C ; при температуре -80°C вода замерзнет, но труба не будет повреждена;
- СБПТ не подвержены внешней и внутренней коррозии, поэтому служат в десятки раз дольше металла, на внутренних стенках не откладываются соли, парафины и т.д.;
- СБПТ не требуют изоляции, их можно укладывать без траншей;
- СБПТ не электропроводящие и не подвержены электрокоррозии, поэтому отпадает необходимость в катодной защите;
- СБПТ, в отличие от металлических труб, имеют только упругие деформации, значительно увеличивающие допу-

стимые радиусы изгиба и стрелу прогиба (например, для 10-метрового отрезка СБПТ диаметром 150 мм радиус изгиба допускается 50 м, а стрела прогиба — 250 мм; для СБПТ диаметром 300 мм радиус изгиба — 100 м, стрела прогиба — 125 мм). Поэтому для СБПТ не так страшны подвижки грунта, в том числе при оттаивании;

- СБПТ весит в 4–10 раз меньше стальных труб;
- СБПТ, в отличие от полиэтиленовых и полипропиленовых труб, можно прокладывать непосредственно между опорами без промежуточных поддерживающих приспособлений [9, 4].

В зависимости от назначения и условий эксплуатации применяются различные конструкции соединений. Для линейной части трубопроводов применяются в основном муфтовые соединения, которые подразделяются на гладкие клеевые, резьбосклеевые, резьбовые с уплотнением лентой из фторопластового уплотнительного материала (ФУМ) и муфто-нипельные соединения со стопором («Ки-лок»). Для соединений со стандартными элементами (например, с задвижками) и со стальной трубой применяются фланцевые соединения, преимущественно со свободным фланцем.

Трубопровод легко и быстро собирается на месте (прокладка трубопровода диаметром 300 мм легко осуществляется двумя рабочими вручную — до 800–1000 м трассы за смену). Таким образом, стоимость монтажных работ с СБПТ составляет 20–40% от стоимости материала, тогда как по всем остальным видам труб — 70–120%. С учетом этого стоимость сооружения трубопроводов с применением СБПТ оказывается ниже труб из черных металлов на 10–20%, полиэтиленовых и полипропиленовых — на 30–60%, труб из силанольносшитого полиэтилена или нержавеющей стали — в 3–4 раза. Особенно существенной становится экономия при применении труб с внутренним диаметром больше 200 мм и давлением более 1,6 МПа [9].

Выводы. Таким образом, можно сделать вывод, что трубы на основе базальта имеют ряд преимуществ: высокую прочность, достаточно малый вес, надежность при эксплуатации в широком диапазоне температур, не подвержены коррозии и имеют высокую химическую стойкость. Эти преимущества дают возможность применения таких труб при ремонте и восстановлении сетей водоснабжения и водоотведения.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Татаринцева О.С. Базальтопластик с повышенной тепло- и химической стойкостью // О.С. Татаринцева, Д.Е. Зимин // Материалы Международной конференции «Становление современной науки. Химия и химические технологии» [электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.rusnauka.com/25_NNP_2011/Chimia/5_91641.doc.htm.
2. Фармазов С.А. Оборудование нефтеперерабатывающих заводов и его эксплуатация / С.А. Фармазов. – М.: Химия, 1978. – 352 с.
3. Базальтовые трубы в Украине // Строительный портал [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.politsovet.com/bazalto-vyie-trubyi-1206.html>.
4. Удыма П.Г. Коррозионностойкие трубопроводы из неметаллических материалов / П.Г. Удыма. – М.: Госхимиздат, 1963. – 220 с.
5. Базальтовые трубы камнелитые и отводы // Официальный сайт ООО ТД «Уральский базальт» [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.uralbazalt.ru/page813367>.
6. Обзор рынка стеклобазальтопластиковых труб и геосетки в России и ДВФО // INFOMINE Research Group [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.infomine.ru/research/29/436>.
7. Стеклобазальтопластиковые трубы // Официальный сайт Центра внедрения энергосберегающих систем [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://центр-вэсс.рф/posts/1014826>.
8. Карандашов О.Г. Скло- та базальтопластикові труби для водопостачання та способ їх з'єднання / О.Г. Карандашов, Л.П. Підгорна, В.Г. Данільцев, А.О. Висоцька, В.С. Васильченко // Тези доповідей XX Міжнародної науково-практичної конференції «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я», Ч.ІІІ (15-17 травня 2012 р., Харків) / за ред. проф. Товажнянського Л.Л. – Харків, НТУ «ХПІ». – 334 с.
9. Базальтовые технологии: научно-производственный портал [электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.basaltech.org/forum/messages/forum20/topic100/message4258/#message4258>.

УДК 666.97 (075.8)

Юнис Башир Н.

Харьковский национальный университет строительства и архитектуры

ПОВЫШЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОННЫХ ЦИЛИНДРОВ С ПОЛЫМ СЕЧЕНИЕМ ПРИ РАСТЯЖЕНИИ ВИБРОВАКУУМИРОВАНИЕМ

Введение. Обеспечение надежной работы современных строительных изделий в течение всего срока эксплуатации связано, прежде всего, с сохранением их целостности при различных режимах нагрузки и существенно зависит от точности методов определения прочности, с учётом методов изготовления. *Цель ста-*

ти - повышение прочности бетонных цилиндров с полым сечением при растяжении.

Актуальность темы. Для широкого применения бетонных цилиндров с полым сечением с достаточными прочностными показателями необходимо разработать технологию и составы бетона, обеспечивающие получение в бетонных цилиндрах