

хода рабочей жидкости по напорным магистралям гидромоторов колес М1, М2 позволяет обеспечить различную частоту вращения гидромоторов колес М1, М2, и маневрирование машины.

Регулирование параметров расхода рабочей жидкости по напорным магистралям гидромоторов колес М1, М2 обеспечивается осевым перемещением вала ДСП [7, 8], посредством соединения торцевой управляющей полости, запертой гидрозамком ГЗ1, с насосом НХ, либо сливом в бак Б через трехпозиционный гидрораспределитель поворота РП. В напорной магистрали распределителя поворота РП установлен распределитель согласования РС1, включающий распределитель РП в напорную магистраль насоса НХ при реверсировании его. При подаче рабочей жидкости в управляющую полость ДСП при прямом ходе машины в напорную магистраль насоса НХ включается дроссель Д, ограничивающий расход жидкости в полости гидромоторов колес М1, М2.

Создание гидрообъемной трансмиссии погрузчика на базе многопоточных насосных агрегатов и модульных дозирующих систем позволит исключить из состава трансмиссии механические устройства привода насосов, увеличить диапазон изменения рабочих скоростей машины, полностью реализовать все положительные качества гидрообъемных передач.

Литература

1. Петров В.А. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин. – М.: Машиностроение, – 1988. – 248 с.
2. Леонович И.И., Котлобай А.Я., Котлобай А.А. О модернизации структуры многомоторных приводов технологических машин. Современные методы проектирования машин: Республиканский межведомственный сборник научных трудов. Выпуск 2. Том 3. Проектирование приводов машин. Минск УП «Технопринт». – 2004. – с. 75 – 82.
3. Котлобай А.Я., Котлобай А.А. Аксиально-поршневая гидромашинка. Патент РБ № 1543U. АБ № 3 (42) 2004 г.
4. Леонович И.И., Котлобай А.Я., Котлобай А.А. Гидрообъемная трансмиссия самоходной машины. Патент РБ № 1690U. АБ № 4 (43) 2004 г.
5. Котлобай А.Я., Котлобай А.А., Маров Д.В. О создании гидравлических модульных дозирующих систем приводов машин. Вестник Белорусского национального технического университета, 2005, №2.
6. Пилипенко В.М., Котлобай А.Я., Котлобай А.А. Гидрообъемная трансмиссия самоходной машины. Патент РБ № 1480U. АБ № 3 (42) 2004 г.
7. Леонович И.И., Котлобай А.Я., Котлобай А.А. Насос шестеренный. Патент РБ № 1982U. АБ № 2 (45) 2005 г.
8. Котлобай А.Я., Котлобай А.А. Дозирующие агрегаты трансмиссий технологических машин. Промышленная безопасность, 2006, №1.

АРМИРОВАННЫЕ ТЕРМОПЛАСТИЧНЫЕ ТРУБЫ С ЗАДАННЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

И.Г. Новик, А.Э Сечко

Научно-исследовательский центр проблем ресурсосбережения НАН Беларуси

Трубы из термопластов эффективно используются в технике, но диапазон рабочих давлений и температур эксплуатации таких труб ограничен [1].

Поскольку преимущества полимеров в качестве трубного материала совершенно очевидны и использование их при производстве труб, предназначенных для более высоких рабочих давлений, крайне желательно, такие трубы должны быть конструктивно усилены.

Исследования и разработки в данном направлении весьма активно уже в течение ряда лет ведутся в зарубежных странах. В Республике Беларусь имеются как технологические возможности организации производства труб из армированных термопластов, так и потенциальные потребители таких труб.

В Научно-исследовательском центре проблем ресурсосбережения Национальной Академии наук Беларуси проводились работы по разработке технологии изготовления труб из термопластичных полимеров, армированных волокнами.

Для достижения требуемых характеристик применяли различные методы упрочнения. Один из вариантов — создание многослойной структуры с армирующими слоями, в частности, армирование полимерных труб высокопрочными волокнами, воспринимающими напряжение, возникающее в стенке трубы при повышении внутреннего давления. В качестве наполнителя в экспериментах использовали стеклоровинг марок ЕС13–2400–30А, выпускаемый ОАО «Полоцк-

Стекловолокно», и РБО 24–2400–76 (ТУ 5952–05763895–047–98) производства Гусь – Хрустального стеклозавода (Россия). Разрывная прочность стекловолокна ЕС13–2400–30А не менее 1 кН, РБО 24–2400–76 – 1,2 кН.

В качестве матричного полимера в основном использовали полипропилен (ПП) марки каплен (ТУ 2211–015–00203521–99) с показателем текучести расплава не менее 20 г/10 мин при 230 °С. Для изготовления стеклоармированных лент применяли и другие типы матричных полимеров — полиамид-6, вторичный полиэтилентерефталат, смеси полимеров. В матричный полимер могут быть введены также красители, модификаторы, стабилизаторы и другие добавки, не снижающие механические свойства и не приводящие к значительному повышению вязкости расплава. В частности, в матричный ПП при изготовлении лент вводили сажу в количестве до 1 масс. %.

Для формирования высокопрочных армированных труб и оболочек наиболее подходит процесс непрерывной намотки. Современные технологические линии намотки в качестве связующих материалов используют терморезистивные смолы на основе эпоксидных, полиэфирных и др. матриц. Для данных связующих достаточно хорошо изучены и рассчитаны основные технические параметры намотки. Актуальной является разработка аналогичной технологии на основе термопластичных смол.

Ленточная технология

Технология формирования армированных труб включает процесс получения высокопрочных лент из армированных термопластов и линию устройств намотки, обеспечивающих консолидацию лент [2].

Отдельные технологические стадии предложенной технологии были промоделированы и отработаны в лабораторных условиях. Армирующую ленту получали на экструзионной установке ЧП-32, оснащенной щелевой головкой индивидуального изготовления, путем нанесения расплава полимера с пропиткой волокнистой структуры ткани. В качестве армирующего элемента использовали технические тканые материалы (преимущественно стеклоткани). По данной технологической схеме получены образцы армирующей ленты на основе полимерной матрицы из полиэтилена низкого давления (ПЭНД), полиэтилена высокого давления (ПЭВД), полипропилена (ПП) и полиамида (ПА) со степенью пропитки стеклоткани до 80%.

Армирующую ленту шириной 50 мм использовали для отработки технологии намотки окруж-

ного армирующего слоя. Обязательным условием намотки полимерной ленты является наличие источника ее нагрева выше температуры плавления полимерной матрицы на 50–80 °С. В качестве источника нагрева может применяться пламенная газовая горелка, ИК-лазер либо ИК-лампы. В лабораторных экспериментах для намотки ленты использовали ИК-лампы.

При помощи разработанного намоточного устройства (рис. 1), оборудованного лампами ИК-нагрева типа КГ220-2000-20, производили намотку армирующего слоя на металлическую оправку с последующим снятием полученной армированной трубы, или намотку с приплавлением на герметизирующую полимерную оболочку. Намоточное устройство состоит из подающей бобины 1 с армирующей лентой 2. Натяжение ленты с заданным усилием N осуществляется при помощи фрикционного механизма. С помощью укладчика 3 армирующая лента под заданным углом наматывается на вращающуюся металлическую оправку (герметизирующую полимерную оболочку) 4. Прижимной ролик 5 служит для консолидации укладываемых слоев ленты. Для разогрева полимерной армирующей ленты используется ИК-нагреватель 6.

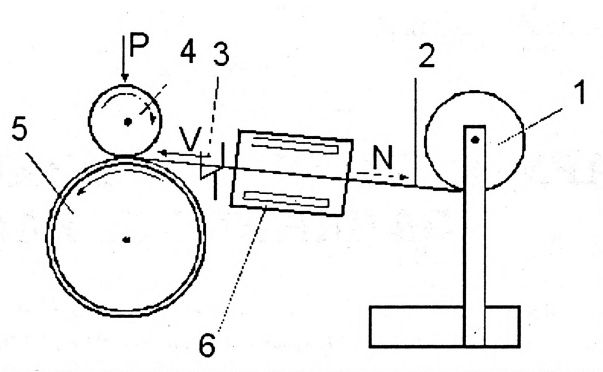


Рис. 1. Схема намотки армирующей тканевой ленты

Намоточное устройство установлено на каретке манипулятора индивидуального изготовления, который обеспечивает заданную скорость вращения и продольного перемещения оправки. Угол намотки ленты устанавливается изменением положения устройства на стойке. Намотка проводилась в один ручей.

Свободный конец ленты проходит через устройство ИК-нагрева и крепится к оправке. ИК-нагреватель устанавливается на расстоянии 10–30 мм от места контакта ленты с поверхностью оправки. Скорость подачи ленты зависит от времени ее прогрева при обеспечении требуемой прочности консолидации наматываемых слоев и опре-

деляется экспериментально. В данном случае она составляла до 3,5 м/мин. Продольное перемещение ленты выбиралось таким образом, чтобы за два оборота оправки получить смещение на эффективную ширину ленты. Натяжения ленты при намотке составляло 30 ± 5 Н.

Для оценки механических свойств полученных образцов проведены испытания на прочность при растяжении кольцевых образцов [3].

Для оценки механических свойств были изготовлены кольцевые образцы из труб следующих видов:

- 1) стандартная полимерная труба ГОСТ 18599-2001 в качестве оболочки;
- 2) опытная труба из стеклоткани Эз-200 пропитанная ПП;
- 3) полимерная труба ПЭ 32, армированная лентой Эз-200, пропитанная ПЭВД (6 слоев);
- 4) полимерная труба ПЭ 32, армированная лентой Эз-200, пропитанная ПП (4 слоя);
- 5) полимерная труба ПЭ 32, армированная лентой Эз-200, пропитанная ПП (2 слоя).

В результате испытаний были определены пределы прочности при разрыве (табл. 1).

Таблица 1. Расчетные данные предельного гидравлического давления образцов армированных труб

Тип трубы	Толщина стенки, мм	Внутренний радиус, мм	Предельное гидравлическое давление, МПа
Тип 1	2,9	1,75	3,0
Тип 2	3,5	2,0	10,5
Тип 3	4,5	1,75	9,2
Тип 4	6	1,75	11,3
Тип 5	4	1,75	5,6

Для сравнения характеристик труб из традиционно применяемых полимерных материалов и многослойных труб с армированной структурой с учетом зависимости прочностных характеристик от геометрии трубы, произвели расчет толщины стенок труб при одинаковых условиях нагружения. В качестве предельного гидравлического давления принимали предельную величину гидравлической прочности армированного образца.

Расчеты показали, что при использовании армированных труб 2 типа материалоемкость может быть снижена в 4–6 раз при замене армированными труб из ПЭВД, в 2–3 раза при замене труб из ПЭНД, до 2 раз при замене труб из ПП, до 2 раз при замене труб из ПВХ, в 1,5–2 раза замене труб из полистирола, в 2 раза при замене труб из АБС пластика, в 4–12 раз при замене труб из политетрафторэтилена.

При использовании армированных труб 3 типа вместо ПЭВД материалоемкость может быть снижена в 2–5 раз, до 2 раз при замене ПЭНД, до 1,5 раз при замене ПП и ПВХ, в 2–6,5 раз при замене политетрафторэтилена; при использовании полистирола, полиамида и АБС-пластика весовые характеристики труб приблизительно равны.

При использовании армированных труб 4 типа материалоемкость может быть снижена в 2,5–4 раза по сравнению с трубами из ПЭВД, до 2 раз при замене ПЭНД, до 1,5 раз при замене ПП, ПВХ и полистирола, в 2–7 раз при замене политетрафторэтилена; при использовании полиамида и АБС-пластика весовые характеристики труб приблизительно равны.

При использовании армированных труб 5 типа материалоемкость может быть снижена в 1,5–5 раз при замене армированными трубами ПЭВД, в 1,5–4 раза при замене политетрафторэтилена; при использовании ПЭНД весовые характеристики приблизительно равны, трубы из ПП, ПВХ, полистирола, АБС-пластика будут легче, чем армированные 5 типа.

Кабельная технология

По одностадийной схеме были отработаны технологические операции по получению армирующего элемента по кабельной технологии [3].

Схема технологического процесса приведена на рис. 2. Для отработки технологии использовался экструдер ЧП-32 (1), оснащенный кабельной головкой (3). В качестве армирующих элементов использовали полиамидные, и стеклянные нити (4). В качестве полимерной матрицы — сополимер этилена и винилацетата 118 (СЭВА) и полипропилен (ПП).

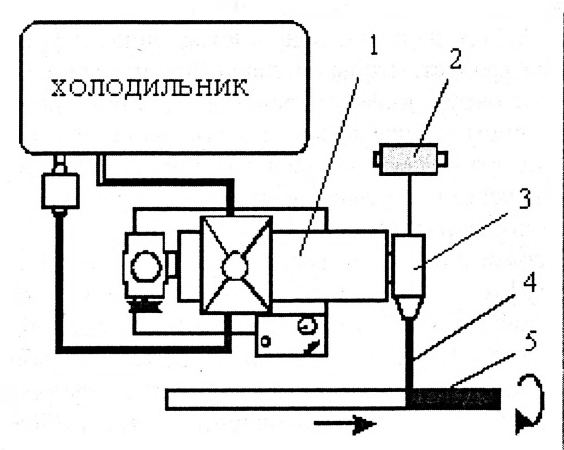


Рис. 2. Схема формирования армирующей ленты по кабельной технологии

С помощью экструдера расплав полимера подавали в кабельную головку, через которую протягивали волокна. При выходе из головки волокна покрывались слоем расплава полимера (4), и ис-

пользовались для намотки образцов армированных полимерных труб (5).

В зависимости от скорости протяжки и производительности экструдера получали армирующую ленту с содержанием волокнистого наполнителя 30–50 (по массе). Предел прочности при растяжении полученных лент составляет 120–160 МПа.

Для намотки образцов лент использовали манипулятор, на который устанавливали оправку. При высоких скоростях намотки армирующая нить покрывается тонкой полимерной оболочкой с содержанием наполнителя более 35% (по массе) при использовании стеклоровинга. Такая лента при укладке на полимерную оболочку (из ПЭВД или ПП) быстро остывает, а стекловолокна местами прорывают оболочку полимера и выступают наружу.

При более низкой скорости протяжки стеклоровинга и более высокой температуре расплава формируется нить с содержанием наполнителя около 25%. Как показали эксперименты, именно такая армирующая нить однородней всего укладывается на вращающуюся оправку с формированием сплошного силового окружного слоя.

Экспериментальные исследования показали, что описанная технология получения армированных труб наиболее производительна и характеризуется наиболее низкой энергоемкостью при намотке полимерной армированной ленты на вращающуюся оправку.

Соединения армированных труб

Наличие герметизирующей оболочки и матрицы силовых слоев, выполняемых из термопластичного полимера, позволяет рассматривать в качестве возможного сварное соединение, наиболее распространенное в практике соединения пластмассовых труб [4]. В свою очередь многослойная структура трубы требует, чтобы ее торец был надежно защищен от окружающей и транспортируемой среды. В противном случае возможно попадание транспортируемого вещества под давлением внутрь стенки трубы через капилляры армирующего слоя с последующим ее расслоением и разрушением.

В связи с изложенным, процесс известной электромужфтовой сварки предложено изменить: сварное соединение расположить на внутренней поверхности трубы. Подвергающейся обработке поверхностью в результате является внутренняя сторона трубы. В подготовленные таким образом концы трубы вставляются и привариваются сварочные гильзы. После этого концы трубы свариваются с помощью электромужфты. От обычной такая муфта отличается большей монтажной длиной и армированной структурой [5].

Более простыми и технологичными являются раструбные соединения. Для повышения надежности соединения волокна в продольном силовом слое располагают вдоль диагонали буртика. В других вариантах исполнения продольным силовым слоям придают форму раструба, укладывая их на предварительно намотанные упорные кольца.

При изготовлении труб из армированных термопластов буртик может быть отформован в два приема. Сначала на конце трубы в нагретом состоянии формируется раструб — путем давления на внутреннюю поверхность увеличивается диаметр трубы. Затем в нагретом состоянии раструб сжимается в осевом направлении, в результате на конце трубы образуется утолщение. Подбором геометрии формообразующих элементов и режимов формования можно достичь благоприятной ориентации волокон продольных силовых слоев. Для повышения надежности соединения волокна в продольном силовом слое необходимо располагать вдоль диагонали буртика. В других вариантах исполнения продольным силовым слоям придают форму раструба, укладывая их на предварительно намотанные упорные кольца.

С использованием разработанного опытного оборудования и технологических процессов показана возможность получения армированных термопластичных труб с улучшенными эксплуатационными параметрами. Работа выполнялась в рамках задания ГНТП «Ресурсосбережение».

Литература

1. Каган Д.Ф. Трубопроводы из пластмасс. М.: Химия, 1980. – 296 с.
2. Ставров В.П., Гоманькова А.Б., Карпович О.И., Свириденко А.И. Конструкция и технология изготовления труб из термопластичных полимеров, армированных непрерывными волокнами // Материалы 24-й междунар. конф. «Композиционные материалы в промышленности». – Ялта, 2004. С. 336-338
3. Сечко А.Э., Новик И.Г., Цехан В.Н. Технология изготовления армированных термопластичных труб // Энерго- и материалосберегающие экологически чистые технологии: Сборник докл. 6-й международной науч.-техн. конф. – Гродно, ГрГУ, 2005 – (в печати).
4. Новик И.Г. Трубопроводы из полимерных материалов. Справочное пособие. Мн.: БОИМ, (в печати) -128 с.
- Роберт Экерт. Новый способ соединения армированных полиэтиленовых труб. // Полимерные трубы. №3 (8) октябрь 2005.