

Гофрированные трубы сегодня находят широкое применение в различных сферах промышленности и областях жизни благодаря удачному сочетанию продольной гибкости с необходимой прочностью изделия.

Разработка технологий формования гофротруб из полимеров и развитие конструкции технологической оснастки позволили решить принципиальную проблему пластмассовых труб большого диаметра — существенное уменьшение массы трубы при больших показателях ее кольцевой жесткости

Иван ПИЦУЛИН,
технолог ООО «Нормат»



Формование гофротруб

Области применения

Гофрированные пластиковые трубы эффективно применяются в качестве дренажных и электротехнических труб, а также в качестве шлангов различного назначения. Кроме того, гофротрубы могут служить основой при создании сложных конструкций трубных систем, например, для капельного полива растений или в канализации. Малая масса гофрированных труб, резкое сокращение числа соединений, уменьшение необходимого количества изделий за счет возможности прокладки их по кратчайшему пути, облегчение монтажа — все эти преимущества гофротруб по сравнению с гладкостенными изделиями дают значительный экономический эффект, что и определяет устойчивый интерес к конструкции и технологии их изготовления.

Область применения гофрированных труб зависит от материала, из которого они изготовлены, и конструкции стенок. Изделия больших диаметров активно применяют для прокладки канализационных (самотечная и ливневая канализация) и дренажных магистралей. Однако они с трудом проникали на рынок, пока не появились двухслойные гофрированные трубы (рис. 1).

В отличие от однослойных труб у двухслойных для уменьшения гидравлического сопротивления гофрированная часть изнутри имеет гладкий слой полимера, при этом у трубы сохраняется гибкость.

В последнее время наблюдается активная динамика рынка именно многослойных гофрированных труб. Вслед за ростом спроса на данный вид продукции ускоренными

темпами развиваются и новые технологии для создания экструзионных головок, оснастки для выпуска гофрированной продукции, а также систем охлаждения. Рост популярности гофротруб связан не только с выпуском на рынок новых изделий, но и с внедрением более быстрых и более экономичных способов их производства. Появились варианты трехслойных гофрированных труб с улучшенной звукоизоляцией, применяемых в основном для канализации. Нанесение на наружную поверхность гофров третьего слоя полимера позволяет обеспечить более высокую жесткость и теплопроводность трубы.

В области производства крупных канализационных и дренажных труб полимерные гофрированные продукты берут верх над чугунными, асбестоцементными, бетонными, железобетонными и керамическими, широко используемыми ранее. При этом поточно производимые раструбы снижают затраты на производство труб и существенно облегчают их монтаж.

Также гофрированные трубы больших диаметров активно применяются для изготовления канализационных и кабельных колодцев. Например, полимерный колодец для телекоммуникационных сетей является альтернативным вариантом железобетонного и предназначен для установки в пешеходной или транспортной зоне (рис. 2).

Гофрированные трубы малых диаметров, они же шланги, используются как защитные оболочки для кабелей (в основном на основе ПВХ) и для полива огородов (на основе полиэтилена).

Рисунок 1. Двухслойные гофрированные трубы



Гофротрубы электротехнического назначения предназначены для прокладки электрических, телефонных и телевизионных проводов, кабелей в бетонных стенах, а также для наружной установки в производственных и складских помещениях. Они обеспечивают дополнительную защиту кабеля от механических повреждений, людей — от поражения током при повреждении изоляции кабеля, исключают распространение горения при коротком замыкании. Подавляющее большинство гофрированных труб электротехнического назначения изготавливается из негорючих ПВХ-композиций. Однако в настоящее время на смену ПВХ, выделяющему при пожаре ядовитые вещества, приходят трудногорючие материалы на основе полиэтилена.

Тяжелые гофрированные трубы с увеличенной толщиной стенок отличаются дополнительной прочностью и предназначены для монтажа в цементной стяжке или под заливку бетоном.

В отличие от гибких металлоукавов гофрированная пластиковая труба легка и удобна при транспортировке, погрузке и складировании, не подвержена коррозии и, являясь

диэлектриком, не нуждается в заземлении. Гофротрубы больших и малых диаметров, а также изделия на их основе постоянно завоевывают новые ниши — от массового применения в строительстве (водоснабжение, прокладка кабелей), в автомобилестроении (воздуховоды) и производстве деталей бытовой техники (шланги) до узкого применения в медицине (различные трубки).

Технологии производства

Каждый год оборудование для изготовления пластмассовых гофрированных труб совершенствуется в плане автоматизации, средств контроля, вспомогательных устройств для упаковки, маркировки, загрузки сырья. Модернизируются исполнительные механизмы оборудования, развивается конструкция самой трубы.

Способы изготовления гофротруб весьма разнообразны. Наиболее известными являются три технологических процесса.

По одному из них гофрированные трубы получают непрерывной навивкой экструдированного профиля на оправку с последующей сваркой «внахлест» или сборкой «в замок». Существуют многочисленные варианты



Рисунок 2. Универсальный кабельный колодец



**МОСКОВСКИЙ ЗАВОД
«ТЕХОСНАСТКА»**

109202 Россия, Москва,
ул. 1-я Фрезерная, д. 10
Т./ф.: +7 (499) 171-94-02, 171-33-05
e-mail: mail@texosn.ru

Пресс-формы для всех сфер применения

**Разработка
и изготовление
технологической
оснастки:**

- холодно- и горячеканальной
- для литья с газом
 - для литья изделий из пенополиуретана, алюминиевых сплавов, РТИ
 - для вакуумного прессования



Продажа блоков терморегулирования горячих каналов литьевых форм (от 1 до 8 зон)

Нанесение тиснения (шагрени), имитирующего фактуру текстиля или кожи, на формообразующие поверхности пресс-форм

RosMould

Приглашаем вас посетить наш стенд В03 в павильоне 2, зале 8 на выставке «РОСМОЛД-2014» в Москве 17-19 июня

**Европейское качество,
надежность
и долговечность**

www.texosn.ru



Рисунок 3. Изготовление гофрированных труб навивкой

конструктивного оформления этого процесса. Наиболее распространенный способ: профилированная лента, выдавливаемая из головки экструдера, поступает на вращающуюся охлаждаемую оправку, снабженную винтовыми сегментами, служащими для продвижения готовой

гофрированной трубы. На оправке происходит калибрование, сварка (или сборка) и охлаждение готовой трубы [1].

Технологический процесс изготовления гофрированных пластмассовых труб навивкой изображен на рисунке 3.

Изготовлению гофротруб путем навивки с последующей сборкой «в замок» предшествует экструзия, калибрование и охлаждение профильной ленты значительно более сложного сечения. Следует отметить, что трубы, изготовленные сборкой «в замок», негерметичны.

Несмотря на успешное осуществление на практике способов изготовления гофрированных труб навивкой с последующей сваркой или сборкой, они имеют два больших недостатка: низкая производительность (ограниченная скорость изготовления профиля) и малая длина изготавливаемой трубы, лимитируемая длиной направляющих, по которым она перемещается, так как труба вращается в процессе производства. Недостатком также является перерасход полимерного материала за счет сварки «внахлест» и сборки «в замок», так как эти конструктивные элементы носят технологический характер и не всегда способствуют выполнению основных функций гофротрубы [1].

Достоинство описанного технологического процесса заключается в возможности изготовления труб на простом и мобильном оборудовании, допускающем сравнитель-

но легкую смену относительно недорогой оснастки и тем самым быстрый переход к выпуску одного типа или диаметра труб на другой. Кроме того, гофрированные трубы, изготавливаемые путем сборки «в замок», имеют дополнительные преимущества, связанные с возможностью сборки трубы из профиля непосредственно на монтажной площадке, что значительно облегчает транспортировку. Также с помощью данного способа можно изготавливать трубы диаметром до 4 м. Тем не менее указанные преимущества не привели к достаточно широкому распространению технологии изготовления гофротруб навивкой.

Другой технологический процесс, также не ставший популярным, заключается в экструзии трубной заготовки с последующим формованием на ней гофров с помощью наружной или внутренней вращающейся резьбовой вакуумной насадки. По одному из вариантов этого способа, трубная заготовка, экструдированная из головки, поступает внутрь вращающейся резьбовой (с профилем, как гофр трубы) насадки. С помощью вакуума трубная заготовка прижимается к насадке и формируется в гофрированную трубу. К недостаткам данного способа следует отнести низкую производительность, связанную с ограниченной длиной вакуумной насадки. При увеличении длины возможно скручивание трубной заготовки. Кроме того, винтовой гофр на изготавливаемой трубе уменьшает ее продольную гибкость [1].

Оба описанных технологических процесса изготовления гофротруб в настоящее время имеют ограниченное применение.

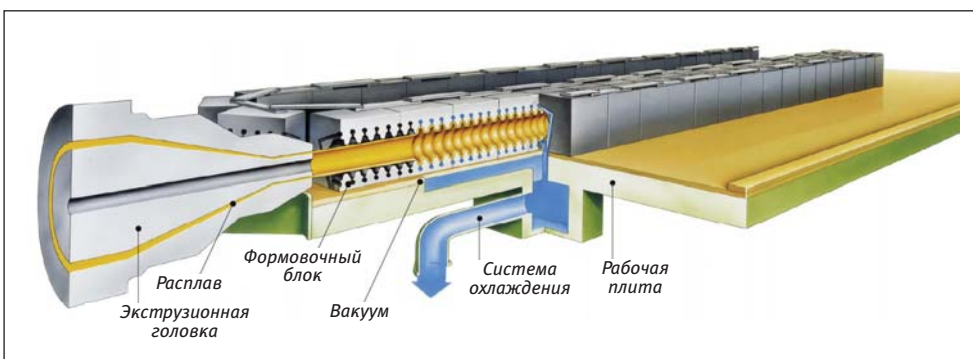
Наибольшее распространение при изготовлении гофрированных труб получил технологический процесс, характеризующийся формованием гофров в полуформах, поступательно движущихся вместе с трубной заготовкой (рис. 4).

В основном изготовление гофротруб осуществляется на технологической линии, включающей экструдер, трубную головку, гофратор с двумя рядами движущихся

по замкнутому контуру полуформ и намоточное или отрезное устройство. При изготовлении дренажных гофрированных труб необходим также перфоратор для пробивания отверстий.

Изготовление гофротруб на описанной технологической линии происходит следующим образом. Тонкостенная трубная заготовка выдавли-

Рисунок 4. Формование гофров в полуформах



вается из головки экструдера и поступает внутрь непрерывно движущихся полуформ гофратора, где раздувается сжатым воздухом, подаваемым внутрь трубной заготовки через дорн головки. Прижимаясь к охлаждаемым, например, воздухом полуформам, трубная заготовка принимает форму гофрированной трубы и непрерывно отбирается гофратором. Воздух удерживается внутри формируемой трубы с помощью пробки, укрепленной на дорне головки. Далее в гофротрубе при необходимости пробиваются отверстия с помощью перфоратора или труба, минуя перфоратор, наматывается в бухту или нарезается на изделия необходимой длины.

Формование трубной заготовки, экструдированной из головки, может также осуществляться с помощью вакуума, создаваемого в полуформах, соединяемых каналами с вакуумной камерой (вакуумная калибровка). Преимущество данной схемы заключается в отсутствии пробки, перемещаемой внутри формируемой гофрированной трубы, что позволяет увеличить производительность благодаря исключению остановок для смены пробки и опасности налипания экструдированного материала на нее, а также дает воз-

можность более простого выполнения внутреннего охлаждения трубы. Кроме того, при вакуумном формовании можно выпускать гофротрубы практически любого поперечного сечения. Недостаток этой схемы — некоторое усложнение оборудования [1].

Данный технологический процесс отличается высокой производительностью и позволяет изготавливать гофротрубы практически из любого термопласта, перерабатываемого экструзией. К преимуществам указанного способа следует отнести также то, что с его помощью можно формовать (при смене оснастки) гофрированные трубы с различной конфигурацией профиля, максимально приближая тем самым конструкцию гофротрубы к требованиям, определенным условиями эксплуатации.

Все оборудование, входящее в технологические линии для выпуска гофрированных полимерных труб, можно условно разделить на общее и специальное. К первому относятся экструдеры, охлаждающие ванны, намоточные устройства и другие типовые ма-



ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
РЯЗАНСКИЙ
ПРИБОРНЫЙ ЗАВОД

ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

качество • надежность • технологичность

Проектирование технологической оснастки любой сложности

Изготовление технологической оснастки:

- пресс-формы одно- и многоместные, горячеканальные для литья термопластов, реактопластов, резины (габариты — 800×1200 мм, вес — до 1500 кг)
- формы для литья под давлением алюминиевых сплавов
- приспособления с габаритами не более 1000×1000×1000 мм
- штампы гибочные, вырубные, пробивные, калибровочные, последовательные, штампы совмещенного действия, штампы-автоматы с автоматической подачей



Высококачественные материалы
Мощная производственно-техническая база
Современные технологии обработки

Сроки исполнения заказов:
проектирование — от 1 недели до 1 месяца
изготовление — от 1 до 3 месяцев



ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ПРОИЗВОДСТВО

Россия, 390000, г. Рязань, ул. Семинарская, 32
Тел./факс: +7 (4912) 29-86-23, 76-61-54
Тел. +7 (4912) 29-87-24
E-mail: ptkip600@yandex.ru

www.grpz.ru



Рисунок 5. Формовочные блоки гофратора

шины, применяемые при осуществлении экструзионных процессов переработки термопластов вообще и при изготовлении гладкостенных труб или некоторых видов профилей в частности. Специальное оборудование для изготовления гофротруб — это экструзионные головки, гофраторы и перфораторы, так как данные устройства имеют специфические конструктивные особенности и используются только для производства гофротруб.

Гофраторы

Назначение гофратора (или корругатора) заключается в том, чтобы придать заготовке трубы требуемую форму и охладить ее до температуры формоустойчивости. К корругаторам предъявляются два основных требования: высокая производительность при формировании трубы и эксплуатационная надежность.

Гофраторы можно классифицировать по принципу передачи движения полуформам, по способу калибрования трубы и по системе охлаждения. По первому признаку корругаторы разделяются на устройства с реечной передачей, с цепной передачей и с передачей, сочетающей оба эти способа. Устройства с цепной передачей движения полуформам в свою очередь подразделяются на двухцепные и одноцепные. По способу калибрования гофраторы выполняются с пневмо- или

с вакуумным формованием изделия. Системы охлаждения корругаторов делятся на устройства с водяным или воздушным охлаждением полуформ. Гофраторы с водяным охлаждением включают оснастку с контактным охлаждением (полуформы охлаждаются от контакта с направляющими плитами) и гофраторы с непосредственным индивидуальным охлаждением полуформ. Возможно сочетание различных схем охлаждения. Кроме того, при вакуумном калибровании охлаждение полуформ может осуществляться воздушно-водяной смесью [1].

Определяющим в конструкции корругатора являет-

ся устройство передачи движения полуформам, так как оно позволяет принять ту или иную схему калибрования и охлаждения. В принципе можно спроектировать гофратор с любым сочетанием вышеуказанных классификационных признаков, однако эксплуатационная надежность такого устройства может оказаться недостаточно высокой. К примеру, компания Unicog GmbH в корругаторах, предназначенных для производства гофрированных труб больших диаметров, использует грейферную систему, с помощью которой формовочные блоки передаются поступательно обратно в индивидуальном порядке с увеличенной скоростью. Использование данного способа формирования гофрированных труб позволяет уменьшить количество необходимых формовочных блоков и, следовательно, существенно уменьшить стоимость оборудования [2].

Конструирование полуформ гофратора осуществляется на основе общих требований, предъявляемых к формам для переработки термопластов способом экструзионно-выдвухного формования в отношении учета усадки, выбора материалов, чистоты обработки поверхности и так далее. Однако есть некоторые особенности, характеризующие полуформы корругатора (рис. 5).

Независимо от принципиальной схемы гофратора по-разному выполняются сами полуформы. Имеется два подхода к изготовлению: цельные и составные полуформы. То и другое решения имеют свои достоинства и недостатки. Цельная полуформа надежнее с точки зрения эксплуатации, но она дороже, и замена ее сложнее. Составная полуформа, которая представляет собой обойму с размещенной в ней полуматрицей в виде вкладыша, гораздо проще в изготовлении, но менее надежна в эксплуатации, однако легко заменяема.

В последнее время в практике конструирования отдают предпочтение составным полуформам, кроме тех случаев, когда выполнение их затруднительно, например, при вакуумном калибровании. Иногда необходим подробный экономический анализ при выборе конструкции и изготовлении оснастки, так как стоимость полуформ составляет существенную часть стоимости корругатора.

Количество элементов гофротрубы (шагов) в одной полуматрице или полуформе при цельном исполнении должно быть кратным шагу цепи или рейки. Если первый элемент полуматрицы начинается со впадины гофра, то гофр трубы имеет более эстетичный вид, так как следы от стыков полуформ



менее заметны, однако такие полуформы более уязвимы при случайных повреждениях, чем полуформы, смыкающиеся по выступам гофра [1].

С учетом высокой стоимости комплекта полуформ гофратор должен быть оснащен предохранительными устройствами, исключая повреждение оснастки или других деталей. Это необходимо, так как при наладке технологического процесса возможна ситуация, когда полуформы наезжают на мундштук головки или кусок гофротрубы остается в холостой ветви цепи корругатора. Возможны различные технические решения предохранительных устройств. Наиболее правильной схемой блокировки является отключение привода экструдера при остановке движения рабочей цепи гофратора. Это полностью исключает попадание выдавливаемой из экструдера массы в неподвижный корругатор, которое влечет за собой необходимость его разборки и чистки [1].

Следует отметить, что гофраторы даже одного типа значительно отличаются друг от друга по исполнению и по схемам охлаждения.

Развитие новых технологий для охлаждения как водой, так и воздухом имеет огромное значение для повышения производительности, особенно в сфере формования труб больших диаметров. К примеру, новая технология Super Cooling от Corgma Inc. продолжает охлаждение по мере того, как происходит усадка полимерного материала в форме гофратора за счет продува охлажденного воздуха между трубой и формирующей оснасткой. При формовании полиэтиленовая труба дает усадку 3%, создавая при этом зазор, в котором может циркулировать охлажденный воздух. Технология Super Cooling используется на протяжении от 2/3 до 1/2 длины рабочего хода форм, которые находятся в контакте с трубой. Таким образом, блоки формы рядом с экструдером остаются достаточно горячими, чтобы придавать трубе гладкую поверхность [3].

Компания Unicor GmbH в свою очередь представила новую технологию «непосредственного охлаждения» для труб большого диаметра, которая заключается в освобождении всего формовочного блока и заполнении его охлажденной водой [2].

Комбинированные технологии

Использование оборудования для выпуска гофрированных труб не ограничивается производством собственно труб. Широко известно применение данной технологии в комбинированных методах переработки.

Одним из примеров может служить экструзия цепочки полых деталей с использованием специальных инструментов, смонтированных на установке для получения гофрированной трубы. Отформованные секции остается только нарезать на отдельные изделия. Применение данной технологии обеспечивает высокую производительность и имеет множество других преимуществ перед выдувным формованием при изготовлении точных деталей с формой трубы для медицины и автомобилестроения, а также бытовых товаров.

У данной технологии нет даже официального названия, хотя ее часто называют просто вакуумным формованием. Если взять такие детали, как гофрированные шланги с гладкими секциями, то технология начала использоваться еще в 70-х годах XX века. Формование деталей на установке для гофрирования имеет несколько преимуществ перед выдувным формованием. Замена инструмента и запуск линии производится быстрее, образуется незначительное количество заусенцев или же не образуется никаких, и создаются стенки более однородной толщины, чем при выдувном формовании. На установке для гофрирования можно производить полые детали из полимеров с



Рисунок 6. Комбинированные гофрированные трубки



МНОГОСЛОЙНЫЕ ГОФРОТРУБЫ

Развитие технологии производства многослойных гофрированных труб позволило существенно расширить сферы их применения, вытесняя традиционные чугунные, бетонные и керамические трубы.

Трехслойные полиэтиленовые трубы существуют на протяжении уже нескольких десятилетий, но ранее они выпускались с использованием твердых ребер спиральной намотки между слоями, которые экструдировались отдельно. При этом изготавливалась довольно тяжелая труба, для формования которой нужно множество операций. В настоящее время производят более легкие и прочные трехслойные трубы с гофрированной структурой на основе более эффективной экструзионной технологии.

Компании Drossbach GmbH и Cullom Machine Tool & Die, Inc. приспособили свои двухслойные гофрировочные машины для добавления третьего гладкого слоя на внешней поверхности с помощью траверсной головки [4]. Не так давно компания Cullom Machine Tool & Die, Inc. разработала систему для производства трехслойных труб для подачи бензина с внутренним барьерным слоем из поликетона.

У компании Hegler Plastic GmbH имеются ноу-хау по применению вакуума в траверсной головке для нанесения гладкого внешнего слоя на гофрированные гребни центрального слоя. Использование вакуумной головки от Hegler Plastic GmbH позволяет осуществлять поточное создание раструбов на трехслойных трубах, при котором происходит слияние всех трех слоев в твердый раструб. Данная технология была опробована на собственных мощностях компании по производству труб в Германии [5].



Рисунок 7. Трубы с защитной оболочкой

меньшей прочностью расплава, которые нельзя было бы использовать при традиционном выдувном формовании. Установка для гофрирования позволяет также изготавливать последовательно различные детали в ходе одного цикла, но у них должны быть одинаковые диаметры и толщина стенок [6].

Долгое время развитие данной технологии шло медленно. Основная причина малой распространенности данного

способа переработки заключалась в невозможности купить готовую технологию. Безусловно, можно адаптировать под данный способ переработки практически любую установку для гофрирования, но, как правило, имеющие решающее значение инструменты и последующие операции подгонки являются запатентованными разработками самих обработчиков.

С тех пор формование деталей на установках для гофрирования медленно, но верно завоевывало популярность, в первую очередь в автопроме и медицинской сфере, выпуске бытовой техники и даже одноразовых изделий, таких как соломинки для напитков (рис. 6).

В настоящий момент практически все поставщики оборудования для производства гофрированных труб имеют в своем ассортименте готовые установки для вакуумного формования отдельных деталей.

Однако эксплуатировать установки для гофрирования сложнее, чем машины для выдувного формования. Особенности формуемого инструмента для реализации комбинированной технологии также накладывают ограничения и на конструкцию деталей. Изделия, изготавливаемые на установке для гофрирования, должны быть прямыми, поскольку формовочные блоки передвигаются по прямой. Но технология еще не реализовала весь свой потенциал в области, которая может быть для нее наиболее продуктивной: например, в сфере производства деталей с запаянным дном, таких как бутылки.

Еще одним примером применения комбинированной технологии может служить оборудование компании Unicor GmbH, предназначенное для работы по технологии «труба в трубе». Производство труб из сшитого полиэтилена, металлопластиковых труб и кабелей с защитной трубной оболочкой в настоящее время включает в себя до трех различных технологических операций (рис. 7).

На первом этапе изготавливается изолируемый продукт (труба из сшитого полиэтилена, металлопластиковая труба, кабель). На втором — защитная гофрированная труба, через которую на заключительном, третьем этапе вручную или механическим способом протягивают внутреннюю трубу. Очевидно, что данная производственная цепочка совершенно не отвечает требованиям экономической эффективности вследствие затратных по времени индивидуальных операций.

Компания Unicor GmbH предлагает серию корrugаторов UC 53, способных работать по технологии «труба в трубе», специально ориентированных на минимизацию времени и затрат. Благодаря данному оборудованию производители труб получают возможность как поточного производства за один шаг — при полном изготовлении продукции по технологии «труба в трубе», — так и автономного выпуска продукции из бобин по такой же технологии [2].

Самым эффективным методом производства продукции по технологии «труба в трубе» с точки зрения оптимизации времени и затрат все же является поточный вариант, который включает изготовление труб из сшитого полиэтилена или металлопластиковых труб и их протяжку через одновременно формуемую гофрированную трубу на одной линии. Для управления всем процессом необходимо присутствие лишь одного оператора. Благодаря этому достигается значительная экономия расходов на персонал по сравнению с производством, разделенным на различные этапы. Дополнительными преимуществами поточного производства являются отсутствие затрат на хранение и транспортировку отдельно производимых сшитых или металлопластиковых труб, а также существенно улучшенное при этом их качество [2].

Producing corrugated pipes

Ivan Pischulin

Today corrugated pipes find their application in various industries and areas thanks to their beneficial combination of longitudinal flexibility and high robustness of the final product. Development of plastic corrugated pipes production technologies and advance of tooling allowed to deal with fundamental problem of large-dimensioned plastic pipes — significant reduction of the pipe's mass while maintaining its circular rigidity.

Литература

1. Масенко Л.Я. Гофрированные трубы из пластмасс. — М.: Химия, 1989. — 88 с.
2. www.unicor.com.
3. corma.com.
4. www.drossbach.de.
5. www.hegler.de.
6. www.newchemistry.ru.