

Разработка теоретических зависимостей расходных характеристик расплавов полимеров при соэкструзии двухслойных труб в условиях воздействия ультразвуковых колебаний. Расплавы полимеров в условиях переработки ведут себя как вязкоупругие среды и степень проявления вязкоупругих свойств зависит, в первую очередь, от геометрических параметров канала. Формующие каналы определяют зависимость эффективной вязкости от частоты ультразвуковых колебаний для расплавов полимеров, которая выражается следующим соотношением [1]: (1) где η_{eff} – эффективная вязкость расплава Па·с; ω – частота ультразвуковых колебаний, Гц; τ – время релаксации, характеризующие скорость спадания напряжения, с (2) где E – модуль упругости среды, Па. По мере распространения ультразвуковых волн в среде происходит диссипация энергии, уменьшается амплитуда волны. Это явление характеризуется коэффициентом поглощения [2-8]: (3) для случая, когда вязкие силы преобладают, $\omega\tau \geq 1$, т.е. в случае установившегося изотермического течения имеем (4) Величина коэффициента поглощения определяет глубину проникновения ультразвуковых волн в расплав полимера (5) Как отмечалось ранее в работах авторов [2-5], глубина проникновения ультразвука существенно меньше поперечных размеров канала. Следовательно, будем рассматривать воздействие ультразвуковых колебаний только на некоторую часть полимерной массы, которая находится в близости от стенки канала (см. рис.1) При этом, зона без воздействия ультразвука R2-R3, зона подверженная воздействию ультразвука R1-R2. Согласно предлагаемой модели течения, расход расплава полимера при течении в каналах сложного профиля определяется суммой двух расходов: расхода Q_1 в канале сечения (R1 – δ), где не наблюдается влияние ультразвуковых колебаний и расхода Q_2 в канале сложного сечения толщиной δ , которое повторяет форму канала и испытывает воздействие ультразвука. В первом случае масса полимера характеризуется эффективной вязкостью η_{eff} , во втором – пониженной вязкостью η_w . Рис. 1 - Схема двухслойного течения расплавов полимеров в коаксиальной формующей втулке $Q = Q_1 + Q_2$ (6) (7) где a и b – коэффициенты формы сечения каналов. В качестве исходного реологического уравнения состояния приняты выражения: для внутреннего слоя: (8) для внешнего слоя: где η_0 – наименьшая текущая вязкость расплава полимера внутреннего и внешнего слоев; α – постоянный коэффициент, определяемый из экспериментальных данных. Учитывая, что $\eta = \eta_0 \exp(\alpha \dot{\gamma})$, реологические уравнения состояния примут вид: (9) Подставляя зависимости (9) и (1) в уравнение (7) будем иметь (10): Однако, как показывают расчеты и проведенные исследования, эта формула носит общий характер и может быть использована для сложных каналов, при использовании которых ультразвуковые колебания проникают по всей длине периметра канала. Этот фактор зависит от того, каким образом монтируется магнитострикционный излучатель в формующем инструменте. Так, например, в разработанной нами конструкции предлагается использовать

пакетный излучатель, снаружи канала, поэтому ультразвуковые колебания будут воздействовать лишь на ту часть полимерной массы, которая контактирует со стенкой дорна (рис. 1). В связи с этим, нами предлагается в уравнение (10) ввести некоторые коэффициенты K_1 и K_2 , уменьшающие или увеличивающие значения Q_1 и Q_2 в зависимости от того, на какую часть периметра канала проникает ультразвук. Получить эти коэффициенты достаточно просто, где P – общий периметр канала; P_1 – периметр на котором наблюдается воздействие ультразвука. Повышающий коэффициент расхода равен $K_2 = 2 - K_1$. Тогда, с учетом предлагаемых коэффициентов выражение (10) примет вид (11): Для предлагаемой конструкции экструзионной головки понижающие и повышающие коэффициенты равны соответственно: $K_1 = 0.75$; $K_2 = 1.25$. Как показывают расчеты по полученным формулам, при выборе формы сечения канала акустических экструзионных головок следует отдавать предпочтение тем, у которых ультразвук оказывает воздействие по всему периметру канала для достижения максимального эффекта воздействия. Предпочтительнее использовать симметричные каналы с плавным срезом углов. Наиболее эффективными в этом плане будут считаться многоручьевые головки. Все выводы были учтены при проектировании конструкции экструзионной головки, работающей в условиях ультразвукового воздействия, конструкция которой приведена в настоящей работе.

Опытные-промышленные испытания экструзионной головки для изготовления полимерных двухслойных труб с применением ультразвуковых колебаний. Для проверки приемлемости предложенных теоретических методов расчета параметров при соэкструзии расплавов полимеров в коаксиальных формующих втулках (кольцевых каналах) было проведено экспериментальное изучение многослойного течения расплавов полимеров на опытно-промышленной установке (рис. 2). Она состоит из двух экструдеров: для внутреннего и внешнего слоев. Для внешнего слоя использовался экструдер марки АТЛ-45 с червяком диаметром 45 мм и длиной 1125 мм, а для среднего слоя - экструдер ЧП-40 с червяком диаметром 40 мм, и длиной 640 мм.

Рис. 2 - Опытно-промышленный экструзионный агрегат для изготовления многослойных полимерных труб с применением ультразвука: 1 – экструдер АТЛ-45-П; 2 – экструдер ЧП-40; 3 – экструзионная головка; 4 – калибрующая насадка; 5 – охлаждающая ванна; 6 – тянущее устройство; 7 – отрезное устройство; 8 – бункер с устройством для подсушки и подогрева гранул; 9 – пневмозагрузчик; 10 – электрощит; 11 – магнитоэлектрический преобразователь ПСМ6-22; 12 – ультразвуковой генератор УЗГ1-4. В данной работе рассматривается конструкция экструзионной головки для изготовления полимерных двухслойных труб с применением ультразвуковых колебаний. Головка, в соответствии с рисунком 3, содержит разъемный корпус 1, в котором расположен дорнодержатель 2 с цилиндрическим участком. Между ребрами 3 дорнодержателя выполнены отверстия 4 для прохода расплава, в

которых расположены регулировочные винты 5. На входном торце дорнодержателя 2 установлен полушаровой элемент 6 с фрезерованными пазами 7, а на выходном конце закреплен дорн 8. На корпусе 1 установлена формирующая втулка 9. Дорн смонтирован с возможностью его центрирования посредством винтов 10 и в нем выполнен канал 11 для охлаждающей среды, связанный с патрубком 12. Между дорном и втулкой образована формирующая щель 13. В корпусе 1 также смонтирован дорн 14 с образованием проточного канала 15 для подачи внешнего слоя расплава и канала 16 для подачи внутреннего слоя расплава. Каналы 15 и 16 расположены наклонно друг относительно друга и сообщены формирующей щелью 13. На наклонной поверхности формирующей втулки 9 смонтированы два магнитострикционных излучателя 17 марки ПМС6-2 с возможностью подключения к источнику 18 ультразвуковых колебаний УЗГ1-4. В магнитострикционные излучатели подается сжатый воздух для их охлаждения. Установка магнитострикционных излучателей в зоне Рис. 3 - Экструзионная головка для изготовления полимерных двухслойных труб с применением ультразвуковых колебаний соединения внешнего и внутреннего слоев расплава, позволяет одновременно воздействовать на оба слоя, что увеличивает пропускную способность формирующего канала и улучшает качество изготавливаемых труб. В формирующей щели расплав претерпевает уменьшение проявления высокоэластичности экструдата, и как следствие этого уменьшается постэкструзионное разбухание экструдированного изделия [10]. В канале 15 установлена решетка 19 с отверстиями 20, в которых смонтированы регулировочные винты 21. Регулировочные винты 5 и 21 выполнены с цилиндрическим рабочим участком. Корпус 1 головки соединен с экструдерами (не показаны) посредством фланцев 22 и 23. Для подачи расплавов от экструдеров предназначены каналы 24 и 25. Экспериментальные исследования проводились на опытной установке с экструдером АТЛ-45, имеющим червяк диаметром 45 мм и длиной 1125 мм для продавливания внутреннего слоя расплава полимера и экструдера марки 4П-40 с червяком диаметром 40 мм и длиной 640 мм, для подачи внешнего слоя расплава полимера. б) б) Получали двухслойную полимерную трубу с наружным диаметром 25 мм, и внутренним диаметром 21 мм. Для внутреннего слоя трубы использовался полиэтилен низкого давления марки 277-73, для внешнего слоя трубы применялся полиэтилен высокого давления марки 15802-020. а) Оптимальный режим экструзии указанных полимеров при температуре 423 К и создаваемом давлении экструдерами в пределах 3,5-4,5 МПа, при фиксированной частоте наложения ультразвуковых колебаний 18,5; 21,6; 22,1 и 23,5 кГц на расплав слоев расплавов, создаваемые ультразвуковым генератором марки УЗГ1-4. На рис. 4 представлены теоретические значения расхода расплавов полимеров при изготовлении двухслойных труб с учетом ультразвуковых колебаний в сопоставлении с опытными данными. Расхождение при этом

составляло не больше 7%. а б Рис. 4 - Зависимость расхода ПНД и ПВД от градиента давления при двухслойной соэкструзии трубы, при температуре 423K (а) и 443K (б): - без УЗК; - 18.5 кГц; - 21.6 кГц; X - 22, 1 кГц; - 23,5 кГц Таким образом предложенную теорию можно рекомендовать для расчетов экструзионных головок при изготовлении полимерных многослойных труб. Технический результат, обеспечиваемый экструзионной головкой для изготовления полимерных двухслойных труб с применением ультразвуковых колебаний, выражается в упрощении конструкции и повышении производительности и качества получаемых изделий, благодаря выбору оптимальной геометрии поперечного сечения формирующих каналов.