

алюминия слегка увеличивают прочностные характеристики и немного увеличивают пористость. В целом, добавки алюминия не влияли на форму пор. В образцах, где алюминий не прореагировал, можно наблюдать зародыши пор возле частиц алюминия.

4. Вывод

При ходе процесса изготовления влияние области температур формирования и создания структуры напрямую зависит от качества стекла для изготовления пеностекла, что определяется физико-химическими свойствами.

Увеличение локального влагосодержания не влечет за собой локального увеличения пор исходной смеси. При большом содержании примесей в материале при вспучивании образуется система пластов из пор. Большое влияние на пористость играет исходный состав смеси, влажность материала, время термической обработки и температура, при которой она происходит.

Проанализировав весь эксперимент, можно сделать вывод, что градиент температур также влияет на пористость. При сильно высокой температуре может произойти усадка материала.

Литература

- Чейлытко, А. А. Экспериментальные исследования теплофизических характеристик пористого дисперсного материала в зависимости от различных режимов термообработки [Текст] / А. А. Чейлытко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 5/6(41). — С. 4–7.
- Чейлытко, А. О. Исследование влияния пор на теплопроводность материалов [Текст] / А. О. Чейлытко // Технологический аудит и резервы производства. — 2013. — Т. 2, № 2(10). — С. 14–17.
- Демидович, Б. К. Производство и применение пеностекла [Текст] / Б. К. Демидович. — Минск: Наука и техника, 1972. — 304 с.
- Чудновский, А. Ф. Теплофизические характеристики дисперсных материалов [Текст] / А. Ф. Чудновский. — М.: Государственное издательство физико-математической литературы, 1962. — 456 с.
- Harÿu, W. J. Amer. Chem. Soc [Text] / W. Harÿu. — 1935. — № 1. — P. 127.
- Павленко, А. М. Создание основы для нового теплоизоляционного материала [Текст] / А. М. Павленко, А. А. Чейлытко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 39. — С. 13–16.
- Садченко, Н. П. Исследование в области получения пеностекла для низкотемпературной изоляции [Текст]: автореф. канд. дисс. / Н. П. Садченко. — Минск, 1973.
- Лыков, А. В. Теория сушки [Текст] / А. В. Лыков. — М.: «Энергия», 1968. — 472 с.
- ГОСТ Р 28874-2004. Огнеупоры. Классификация [Текст]. — Введ. 2006-01-01. — М.: Изд-во стандартов, 2001. — 20 с.
- ГОСТ Р 24748-2003. Изделия известково-кремнеземистые теплоизоляционные. Технические условия [Текст]. — Введ. 2004-03-01. — М.: Изд-во стандартов, 2003. — 8 с.

ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМУВАННЯ ПОР У ВСПУЧУЮЧОМУ МАТЕРІАЛІ

У роботі представлено експериментальні дослідження формування пор у гідросилікатах. Наведено загальні закономірності розвитку пористої структури у піномасі з різними хімічними складовими. Зроблені загальні висновки про вплив домішок і зміни локального вологовмісту у вихідній масі на процес спучування матеріалу.

Ключові слова: пористість, структура матеріалу, теплоізоляційний матеріал, спучування.

Чейлытко Андрей Александрович, кандидат технических наук, доцент, кафедра теплоэнергетики, Запорожская государственная инженерная академия, Украина, e-mail: cheylitko@ya.ru.

Чейлытко Андрій Олександрович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра теплоенергетики, Запорізька державна інженерна академія, Україна.

Cheylitko Andriy, Zaporizhia State Engineering Academy, Ukraine, e-mail: cheylitko@ya.ru

УДК 674.08

Завинский С. И.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОПИСАНИЮ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ КОМПОЗИТНОГО ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ

Рассмотрен вопрос формирования теоретического подхода к описанию движения композитного органического сырья в предметричной зоне экструдера. В качестве основы для этого принято описание движения жидкости в коаксиальном конфузоре, которое необходимо дополнить сведениями о реологических характеристиках сырья с учетом тепловых эффектов.

Ключевые слова: композитное органическое сырье, предметричная зона, коаксиальный конфузор, одношнековый экструдер.

1. Введение

Проектирование оптимальных конструкций аппаратов химической промышленности — одна из наиболее актуальных задач, от решения которой в значительной степени зависит эффективность технологических процессов. Основные принципы проектирования и расчета элементов такого оборудования изложены в ряде научных работ последних лет. Например, в работах [1–4]

подробно исследованы роторные аппараты и процессы мокрого улавливания пыли в аппаратах такого типа, а также эффективность этих процессов в зависимости от конструктивных параметров. Шнековые экструдеры в силу своей предназначенности для переработки органического сырья также могут быть отнесены к аппаратам химической промышленности и, соответственно, должны исследоваться на предмет возможной оптимизации их конструкций с целью повышения эффективности

реализуемых в них технологических процессов. Применение шнековых экструдеров для переработки композитного органического сырья становится все более актуальным вопросом в химической промышленности. Актуальность исследования экструдеров подтверждает большое количество публикаций и патентов, многие из которых направлены на аспекты практического применения экструдеров и на процессы преобразования материала в экструдере.

В настоящее время экструдеры применяются не только в традиционных технологиях переработки полимеров, но и все шире в технологиях получения композитных материалов или переработки композитного органического сырья. В качестве примеров можно привести древесно-полимерные композитные материалы (ДПК), топливные брикеты [5–7], экструдированные комбикорма [8] и пищевые продукты, биоразлагаемые полимерные изделия, органо-минеральные удобрения с контролируемым высвобождением питательных компонентов.

В указанных технологиях распространены одно- и двухшнековые экструдеры. Двухшнековые экструдеры обладают более широкими технологическими возможностями [9] при организации различных функциональных зон по длине шнекового канала с различной температурой и давлением, подводом и отводом продуктов химических реакций, тепла, с различным градиентом сдвига и т. д., имеют более широкие возможности автоматизации и регулирования. В то же время одношнековые экструдеры имеют более простую конструкцию, и большую производительность, а также позволяют получить более высокую удельную энергонапряженность процессов, особенно в предматричной зоне.

Анализ конструкции одношнекового экструдера, имеющего различные функциональные зоны (транспортную, нагрева, гомогенизации, сжатия, уплотнения, разуплотнения и т. д.) [10], показывает, что наиболее глубокие изменения структуры материала происходят в предматричной зоне, где обычно наблюдаются самые высокие температуры, давления, и градиенты сдвига.

В предматричной зоне экструдера материал, как правило, переходит в вязко-пластичное состояние и его движение, можно рассматривать как ползущее течение неньютоновской жидкости в соосном коническом конфузоре, образованном поверхностью матрицы и корпусом шнека.

Целью настоящей работы является формирование теоретического подхода к исследованию предматричной зоны экструдера при переработке композитного органического сырья.

Основными задачами для достижения поставленной цели являются: обзор известных работ, математическая формулировка задачи, анализ полученного решения и постановка задач дальнейшего теоретического исследования.

2. Обзор ранних работ

Систематического исследования ползущего течения в соосных конических конфузорах до настоящего времени не было. В работе [11] предлагается использовать для расчета течений в любых соосных кольцевых каналах переменного сечения ступенчатую аппроксимацию отрезками кольцевых прямолинейных труб. Данное предложение можно отнести и к соосным коническим конфузoram, хотя данная методика авторами работ пред-

лагалась для диффузорного течения, но при таком подходе сходящиеся течения заменяются прямолинейными, что может привести к значительным погрешностям, особенно в случае больших значений углов раскрытия граничных поверхностей.

В работе [12] приведено выражение для расчета перепада давления в сужающемся зазоре между двумя коническими поверхностями, но без объяснения входящих в него параметров. Автором в работе [13] сделан краткий анализ распределения скорости и давления в соосном коническом конфузоре с общей вершиной границ.

3. Математическая формулировка задачи

Наиболее системными и исчерпывающими являются постановка и решение задачи о ползущем течении в соосном коническом конфузоре с общей вершиной границ, приведенная в [14].

Были приняты следующие обозначения (рис. 1):

$$t = \frac{T}{h_0} = \xi_1 - \xi; \quad \xi = \frac{R}{h_0}; \quad v = \frac{V}{V_0};$$

$$\Pi = \frac{(P - P_0)h_0}{\mu V_0}; \quad \tau = \cos \theta; \quad \text{Re}_1 = \frac{\rho h_0 V_0}{\mu}, \quad (1)$$

где h_0 — линейный масштабный множитель, использующийся для обезразмеривания переменных в уравнениях движения жидкости, в дальнейшем величина h_0 будет идентифицирована как ширина канала на выходе, $\xi = \frac{R_1}{h_0}$ — безразмерная координата входа в канал, V_0 — средняя по площади поверхности поперечного сечения входа в канал скорость жидкости, которая определяется выражением:

$$V_0 = \frac{Q}{S_1}, \quad (2)$$

где S_1 — площадь поперечного сечения канала координатной поверхностью на его входе:

$$S_1 = 2\pi R_1^2 (\cos \theta_1 - \cos \theta_2). \quad (3)$$

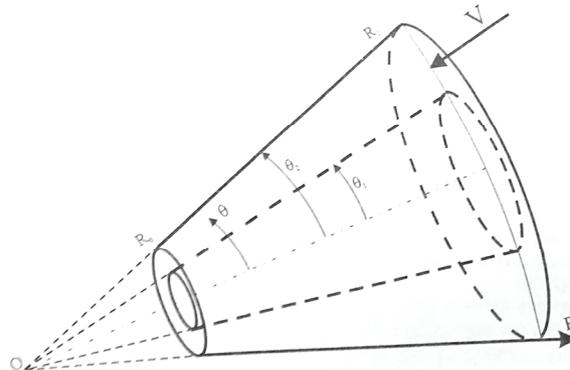


Рис. 1. Геометрия соосного конического конфузора с общей вершиной границ: O — вершина границ, она же полюс сферической системы координат; R — радиальная сферическая координата; R_0 радиальная координата выхода из конфузора; R_1 — радиальная координата входа в конфузоре; V — скорость жидкости; θ — азимутальная сферическая поверхность; θ_1, θ_2 полууглы раскрытия внутренней и внешней границ канала

В результате получено аналитическое решение вида:

$$\bar{P}(t) = \frac{\lambda_c + 6\xi_1^2}{3\xi_1^3} \left[1 - \left(\frac{\xi_1}{\xi_1 - t} \right)^3 \right]. \quad (4)$$

Данное решение позволяет определить одну из основных характеристик течения в предматричной зоне — гидравлические потери, преодоление которых происходит за счет шнекового нагнетателя. Следовательно мы получили исходные данные для его расчета.

Описание движения реального композитного сырья осложняется существенным влиянием температуры и градиента сдвига на вязкость жидкости. Поэтому уравнение (4) необходимо дополнить сведениями о реологических характеристиках сырья, а также уравнением теплового баланса.

Кроме того, градиент сдвига внутри потока при движении сырья в предматричной зоне возникает не только при его движении между поверхностью матрицы и корпуса шнека, но и за счет относительного движения (поворота) корпуса шнека и матрицы. Возникающий при этом сдвиг существенно изменит эффективную вязкость сырья, а значит и распределение давлений в предматричной зоне.

Граничные условия потока на стенках матрицы и корпуса шнека в реальности могут отличаться от принятых нами условий «прилипания» потока к стенкам, и в то же время искусственно создавая условия для сцепления сырья и границ потока, можно влиять на градиент сдвига внутри потока и опять же на распределение давлений в предматричной зоне.

4. Выводы

В рамках принятого теоретического подхода дальнейшие теоретические и практические исследования должны иметь следующие направления:

- определение реологических характеристик конкретных видов сырья, подлежащего переработке в экструдере;
- определение граничных условий, реально имеющих в потоке в предматричной зоне и разработка конструктивных мероприятий, обеспечивающих целенаправленное управление ими;
- провести учет тепловых эффектов при движении композитного органического сырья в предматричной зоне.

Литература

1. Питак, И. В. Основы теории и расчета деталей роторного аппарата [Текст] / И. В. Питак // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2012. — № 4/7(58). — С. 14–17.
2. Питак, И. В. Определение основных параметров роторного аппарата [Текст] / И. В. Питак, В. Ф. Моисеев, П. В. Кузнецов // Вестник Национального технического университета «ХПИ». — 2012. — № 39. — С. 60–68.
3. Питак, И. В. Исследование процесса мокрого улавливания пыли в роторном вихревом аппарате [Текст] / И. В. Питак // Вестник Национального технического университета «ХПИ». — 2010. — № 17. — С. 135–140.
4. Питак, И. В. Положительные аспекты работы роторного вихревого аппарата на промышленных предприятиях [Текст]

/ И. В. Питак, В. Ф. Моисеев // Вестник Национального технического университета «ХПИ». — 2009. — № 15. — С. 9–13.

5. Трошин, А. Г. Развитие процессов и оборудование для производства топливных брикетов из биомассы [Текст] / А. Г. Трошин, В. Ф. Моисеев, И. А. Тельнов, С. И. Завинский // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 3/8(45). — С. 36–40.
6. Тельнов, И. А. Исследование кинетики сушки опилок и сружки в интенсивном режиме [Текст] / И. А. Тельнов, С. И. Завинский, А. Г. Трошин, В. Ф. Моисеев // Вестник НТУ «ХПИ». — 2012. — № 10. — С. 139–144.
7. Завинский, С. И. Влияние давления прессования и температуры на свойства брикетов из древесной стружки [Текст] / С. И. Завинский, И. А. Тельнов, А. Г. Трошин, В. Ф. Моисеев // Вестник НТУ «ХПИ». — 2012. — № 10. — С. 144–149.
8. Афанасьев, В. А. Научно-практические основы тепловой обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов [Текст] : дис. / В. А. Афанасьев. — Москва, 2003. — 517 с.
9. Kohlgrüber, K. Der gleichläufige Doppelschnecken-extruder [Text] / K. Kohlgrüber. — München, 2007. — 373 p.
10. Завинский, С. И. Исследование предматричной зоны в процессе экструдирования композитного органического сырья [Текст] / С. И. Завинский, И. А. Тельнов, А. Г. Трошин // XXI международная научно-практическая конференция, Ч. III «Інформаційні технології». — Харьков, 2013. — С. 16.
11. Хан, Ч. Д. Реология в процессах переработки полимеров [Текст] / Ч. Д. Хан. — М.: Химия, 1979. — 368 с.
12. Рогов, Б. В. Уравнения вязких течений в гладких каналах переменного сечения [Текст] / Б. В. Рогов, И. А. Соколова // Доклады РАН. — 1995. — Т. 345, № 5. — С. 615–618.
13. Панов, А. К. Гидродинамика потоков аномально-вязких нелинейных систем в формирующих каналах [Текст] / А. К. Панов, А. Р. Анасов. — Уфа : Гос. нефт. техн. ун-т, 1994. — 258 с.
14. Ульев, Л. М. Ламинарные течения в соосных конических каналах [Текст] : монография / Л. М. Ульев. — Т. 1. — Х.: НТУ «ХПИ», 2006. — 660 с.

ТЕОРЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО ОПИСУ ПРОЦЕСУ ЕКСТРУЗІЇ КОМПЗИТНОЇ ОРГАЇНІЧНОЇ СИРОВИНИ

Розглянуто питання формування теоретичного підходу до опису руху композитної органічної сировини в предматричній зоні екструдера. В якості основи для цього прийнято опис руху рідини в коаксіальному конфузорі, яке необхідно доповнити відомостями про реологічні характеристики сировини з урахуванням теплових ефектів.

Ключові слова: композитна органічна сировина, предматрична зона, коаксіальний конфузор, одношнековий екструдер.

Завинский Сергей Иванович, аспирант, кафедра интегрированных технологий, процессов и аппаратов, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», Украина, e-mail: s.zawinskiy@bigmir.net.

Завинський Сергій Іванович, аспірант, кафедра інтегрованих технологій, процесів та апаратів, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Україна.

Zawinskiy Serhii, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», Ukraine, e-mail: s.zawinskiy@bigmir.net