

Исследование технологии изготовления эжектора с внутренней полостью из полимерного материала

Д.А. Рычков^а, О.Ю. Шмакова^б

Братский государственный университет, ул. Макаренко, 40, Братск, Россия

^а rychkovda@gmail.com, ^б shtytgard@gmail.com

^а <https://orcid.org/0000-0002-9323-7693>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-7656-8415>

Статья поступила 08.07.2022, принята 15.08.2022

Эжекторы являются весьма эффективными устройствами, работающими в паре с насосом для передачи кинетической энергии от одной среды, движущейся с большой скоростью, к другой. Эжекторы в основном предназначены для передачи различных жидкостей, обладающих различной степенью агрессивности среды. Поэтому поверхность корпуса эжектора выполняется из материалов, устойчивых к коррозии, диффузии, химической деструкции и т. д. В случае формования эжектора методом экструзии полимерного материала часто возникают поверхностные и внутренние дефекты в готовых изделиях. Это приводит к повышенному проценту брака готовой продукции, а также к снижению качества эжекторов и уменьшению их срока эксплуатации. Для выявления параметров технологического процесса в настоящем исследовании проведен ряд лабораторных испытаний. В первом опыте внутренняя полость эжектора заполнялась полиэтиленом высокого давления при температуре экструдирования 120 ± 5 °C, во втором — смесью полиэтилена высокого давления с полипропиленом в пропорции 4/1 при температуре 140 ± 5 °C, в третьем — так же, как в первом, но с подогревом пресс-формы до 80 ± 5 °C, в четвертом — с корректировкой конструкции основы эжектора под профиль его внутренней части. Результаты испытаний показывают, что на поверхности и в глубине материала присутствуют различные дефекты — трещины, завоздушенные полости, втянутости материала. В результате экспериментального исследования удалось установить, что для изготовления внутренней части наиболее подходит полиэтилен высокого давления в смеси с полипропиленом. Для получения качественного изделия необходимо снизить скорость охлаждения полимерного материала, уменьшить объем экструдированного материала за счет оптимизации конструкции металлической части эжектора.

Ключевые слова: полиэтилен; полипропилен; эжектор; экструзия.

Study of the manufacturing technology of an ejector with an internal cavity made of polymer material

D.A. Rychkov^а, O.Yu. Shmakova^б

Bratsk State University; 40, Makarenko St., Bratsk, Russia

^а rychkovda@gmail.com, ^б shtytgard@gmail.com

^а <https://orcid.org/0000-0002-9323-7693>, ^б <https://orcid.org/0000-0002-7656-8415>

Received 08.07.2022, accepted 15.08.2022

Ejectors are very efficient devices, paired with a pump, to transfer kinetic energy from one medium moving at high speed to another. Ejectors are mainly designed to transfer various liquids with varying degrees of aggressiveness of the medium. Therefore, the surface of the ejector body is made of materials resistant to corrosion, diffusion, chemical degradation, etc. In the case of forming an ejector by extrusion of a polymer material, surface and internal defects often occur in finished products. This leads to an increased percentage of defects in finished products, as well as to a decrease in the quality of ejectors and a decrease in their service life. To identify the parameters of the technological process in this study, a number of laboratory tests were carried out. In the first experiment, the inner cavity of the ejector was filled with high-pressure polyethylene at an extrusion temperature of 120 ± 5 °C; but with heating of the mold 80 ± 5 °C, in the fourth - with the adjustment of the design of the base of the ejector to the profile of its inner part. The test results show that various defects are present on the surface and in the depth of the material: cracks, air cavities, material retractions. As a result of an experimental study, it was possible to establish that high-pressure polyethylene mixed with polypropylene is most suitable for the manufacture of the inner part. To obtain a high-quality product, it is necessary to reduce the cooling rate of the polymer material, reduce the volume of extruded material by optimizing the design of the metal part of the ejector.

Keywords: polyethylene, polypropylene, ejector, extrusion.

Введение. Эжекторы являются весьма эффективными устройствами, работающими в паре с насосом для передачи кинетической энергии от одной среды, движущейся с большой скоростью, к другой.

Принцип работы эжектора полностью основан на принципе Бернулли. Это утверждение гласит о том, что если увеличить скорость движения какого-либо потока, то вокруг него всегда образовывается область с низким давлением. Из-за этого и достигается такой эффект, как разрежение. Сама же жидкость будет проходить через сопло. Диаметр этой детали всегда меньше, чем габариты всей остальной конструкции. При этом даже небольшое сужение значительно ускоряет поток поступающей воды. Далее вода будет попадать в камеру смесителя, где она создаст пониженное давление. Из-за возникновения этого процесса происходит так, что через всасывающую камеру в смеситель попадает жидкость, давление которой будет значительно выше [1–3].

Конструкция эжектора (рис. 1) предполагает, что некоторая часть воды, которая поднимается при помощи насоса, остается в самом эжекторе, проходя через сопло. Это необходимо для того, чтобы была возможность подачи постоянной кинетической энергии той массе жидкости, которую нужно поднять. Таким образом будет поддерживаться постоянное ускорение потока вещества.

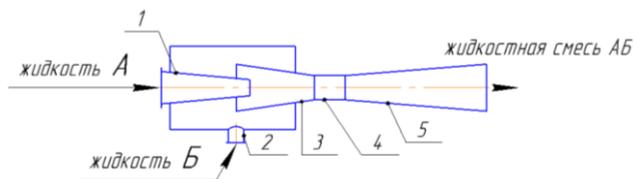


Рис. 1. Конструкция эжектора: 1 — сопло; 2 — всасывающий патрубок; 3 — камера смешивания; 4 — горловина; 5 — диффузор

Эжекторы в основном предназначены для передачи жидкостей, обладающих различной степенью агрессивности среды. Поэтому поверхность корпуса эжектора выполняется из материалов, устойчивых к коррозии, диффузии, химической деструкции и т. д. Этими характеристиками, в частности, обладают полимерные материалы [4–9].

Изготовление изделий из полимерных материалов выполняют преимущественно экструзией размягченного сырья в пресс-форму [10–12]. Стоит отметить, что для получения качественного изделия необходимо правильно выбрать марку материала, режимы экструдирования, учесть особенности конструкции и формы детали. В случае формования эжектора в результате экструзии часто возникают поверхностные и внутренние дефекты в готовых изделиях [13–20]. Это приводит к повышенному проценту брака готовой продукции, а также к снижению качества эжекторов и уменьшению их срока эксплуатации.

В связи с этим целью исследования является повышение качества изготовления эжекторов,

работающих в агрессивных кислотных средах. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: определить оптимальный материал для изготовления корпуса эжектора; установить виды дефектов, возникающих при изготовлении эжектора; разработать рекомендации по технологии изготовления эжектора из полимерных материалов.

Конструкция эжектора. Проектируемый эжектор будет работать в агрессивной кислотной среде, поэтому для защиты металлических стенок внутренняя область должна выполняться из материала, устойчивого к воздействию кислотной среды.

Анализ литературы [1–3; 13; 15; 17] показывает, что наиболее оптимальными материалами являются полиэтилен высокого давления и полипропилен, поскольку они устойчивы к различным кислотам и хорошо поддаются экструдированию.

Для получения внутренней полиэтиленовой области было принято решение о разделении корпуса эжектора на две части (рис. 2).

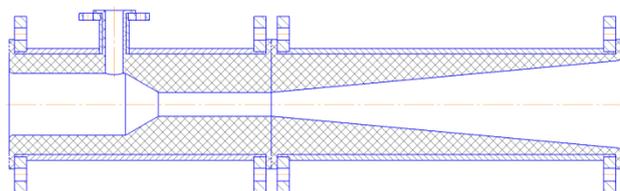


Рис. 2. Корпус эжектора в разрезе

Внутренняя стенка корпуса эжектора изготавливается методом экструзии полиэтилена путем заполнения внутренней полости по форме, соответствующей форме эжектора.

Экструзия полиэтилена производится из гранулированного материала, предназначенного для изготовления из него различных изделий посредством специальных форм. С технической точки зрения процедура представляет собой сложный физико-химический процесс, происходящий с участием влаги, механических усилий и высоких температур.

Для реализации технологического процесса нами были разработаны две пресс-формы для первой (рис. 3) и второй (рис. 4) половины корпуса пресс-формы с учетом усадки материала.

Экструдирование проводилось на экструдере модели ЭПС 63×60 производительностью до 180 кг/ч, диаметром шнека 63 мм, частотой вращения шнека 125 об./мин, мощностью главного привода 75 кВт.

После окончания процесса заливки производилась разборка пресс-формы, из которой извлекались готовые половины эжектора, предназначенные для последующего соединения между собой. Затем в первой половине корпуса сверлением получается отверстие для патрубка.

После разборки и окончательного охлаждения корпуса с залитым полиэтиленом производился визуальный осмотр полученных образцов для выявления возможных дефектов.

После проведения осмотра производилась выпрессовка полиэтиленовой части и последующая заливка с корректировкой технологического процесса.

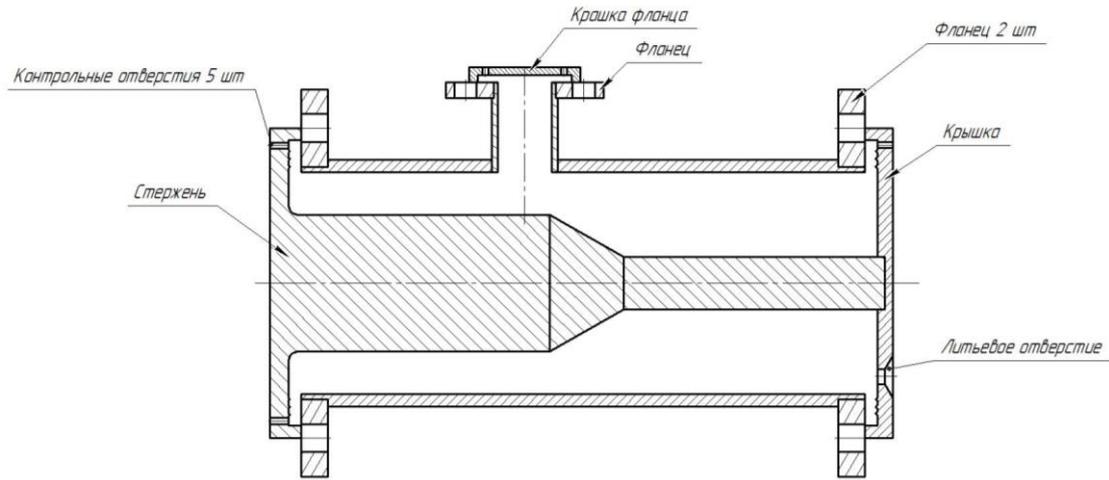


Рис. 3. Схема сборки пресс-формы первой половины корпуса эжектора

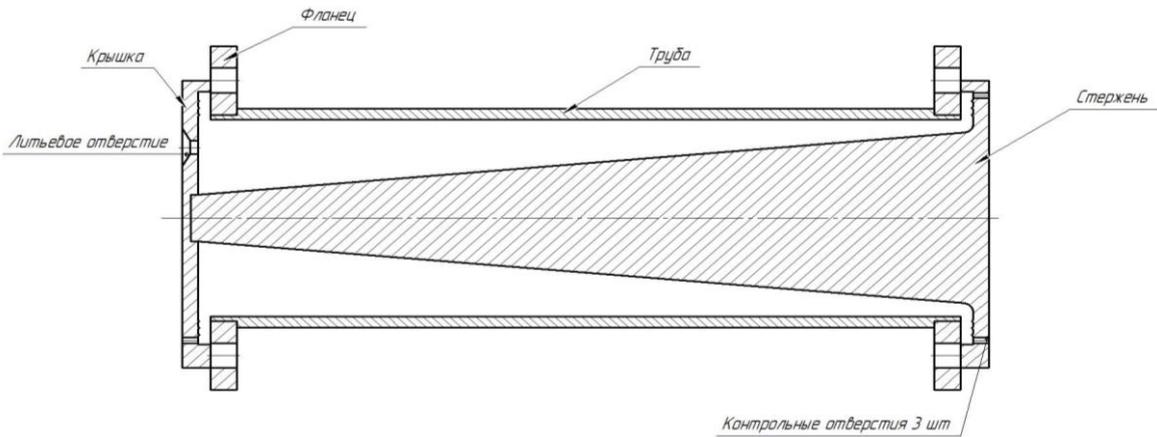


Рис. 4. Схема сборки пресс-формы второй половины корпуса эжектора

Результаты и обсуждение. Первый опыт был выполнен литьем полиэтилена при температуре экструдирования в пределах 120 ± 5 °С. В результате экструзии на внутренней поверхности второй половины корпуса эжектора образовалась трещина (рис. 5) с

кратером около 3 мм в ширину и 10 мм в длину, которая уходит вглубь материала, к металлическому корпусу эжектора. Также визуальный анализ показал наличие втянутой области (рис. 6) на фланце первой половины корпуса эжектора.



Рис. 5. Вторая половина корпуса эжектора



Рис. 6. Первая половина корпуса эжектора

Полученные дефекты, вероятнее всего, образовались при остывании материала и его дальнейшей усадке,

вследствие чего материал «порвал» сам себя. Наличие трещины считается серьезным дефектом, поскольку

значительно влияет на дальнейшую работоспособность эжектора — глубина данных трещин может достигать металлической поверхности корпуса эжектора, что в агрессивной кислотной среде недопустимо.

Для второго опыта полиэтилен высокого давления был смешан с полипропиленом в соотношении 4/1. Температура экструдирования составляла 140 ± 5 °С. На полученных образцах наблюдаются непролитые заводушенные полости и втянутости (рис. 7, 8), которые также относятся к значительным дефектам и являются основанием для выбраковки детали.



Рис. 7. Заводушенные полости



Рис. 8. Втянутость

В третьем опыте был скорректирован технологический процесс. Во время заливки пресс-форма повергалась подогреву до температуры 80 ± 5 °С. Полученный образец представлен на рис. 9. При данном методе заливки также наблюдаются заводушенная полость и задиры на внутренней поверхности.

Заливка внутренней части эжектора полиэтиленом низкого давления не дала положительных результатов, поскольку при экструдировании материал мгновенно застывал и не склеивался между собой. При подаче в литьевое отверстие материал образовал «пробку», и последующая масса внутрь пресс-формы не поступала.

Для четвертого опыта было принято решение об изменении конструкции металлической части эжектора и придании ей формы, соответствующей профилю внутренней части. Таким образом можно добиться значительного уменьшения объема полиэтилена внутри.

Литература

1. Шабалина О.К. Анализ работы двухфазного эжектора-диспергатора с применением методов численного



Рис. 9. Полиэтиленовая часть эжектора

Визуальный осмотр полученных образцов (рис. 10) показывает значительные положительные тенденции к снижению дефектов на поверхности эжектора. Кратеры по фланцу и заводушенные полости имеются, однако они не уходят вглубь материала и имеют меньшие размеры в сравнении с предыдущими опытами.



Рис. 10. Дефекты эжектора

Также на последнем образце наблюдается смещение оси центрального отверстия. Это говорит о том, что в процессе заливки сердцевина пресс-формы сместилась вследствие недостаточного посадочного места.

Заключение

Таким образом, в результате экспериментального исследования удалось установить, что для изготовления внутренней части подходит полиэтилен высокого давления в смеси с полипропиленом. Для получения качественного изделия необходимо снизить скорость охлаждения полимерного материала и уменьшить объем экструдированного материала за счет оптимизации конструкции металлической части эжектора.

моделирования // Автоматизация, телемеханизация и связь в нефтяной промышленности. 2020. № 10 (567). С. 5-8.

2. Sazonov I.A., Mokhov M.A., Tumanyan K.A., Frankov M.A., Markelov S.I. Development of an automated compressor unit for gas compression at the periodic connection of an ejector // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. V. 16. № 12. P. 5378-5383.
3. Sazonov I.A., Mokhov M.A., Tumanyan K.A., Frankov M.A., Mun V.A., Osicheva L.V. Development of technologies for increase the ejector units' efficiency // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. V. 16. № 7. P. 3087-3093.
4. Андреева И.Н. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен высокой плотности. Л.: Химия, 1982. 80 с.
5. Уайт Дж.Л., Чой Д.Д. Полиэтилен, полипропилен и другие полиолефины. СПб.: Изд-во «Профессия», 2006. 122 с.
6. Майер Э.А. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен: новая реальность отечественной промышленности полиолефинов // Пластические массы. 2003. № 8. С. 3-4.
7. Заволжсков А.А. Полиэтилен, как основной материал производства трубной продукции // Студенческий форум. 2019. № 39-1 (90). С. 59-61.
8. Михайлин Ю.А. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен // Полимерные материалы. 2003. № 3. С. 18-21.
9. Stein H.L. Ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) // Engineered Materials Handbook. ASM Int. 1999. P. 167-171.
10. Маздубай А.В., Амерханов Т.Б. Расчет и проектирование оснастки оборудования для экструзии труб из композиции «полиэтилен - резиновая крошка» // Наука и техника Казахстана. 2019. № 2. С. 86-95.
11. Цегельский В.Г. Двухфазные струйные аппараты. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 405 с.
12. Rosenberger T., Kiesler D., Kruijs F.E., Münzer A., Wiggers H. Ejector-based sampling from low-pressure aerosol reactors // Journal of Aerosol Science. 2018. V. 123. P. 105-115.
13. Аскадский А.А., Кондращенко В.И. Компьютерное моделирование полимеров. Атомно-молекулярный уровень. М.: Научный мир, 1999. Т. 1. 544 с.
14. Козлов Г.В., Овчаренко Е.Н., Микитаев А.К. Структура состояния полимеров. М: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2009. 392 с.
15. Комова Н.Н., Гольдберг В.М., Крючкова А.Н., Пруг Э.В., Густов В.В. Изменение свойства смесей полипропилена и полиэтилена высокой плотности в процессе высокосдвиговой экструзии // Высокомолекулярные соединения. 1991. № 12. С. 2595-2601.
16. Попова Л.А. Наполненные стабилизированные композиции полиолефинов // Труды БГТУ. Сер. IV. Химия и технология органических веществ. 2008. Вып. XVI. С. 71-74.
17. Liang J.Z. Effects of extrusion conditions on die-swell behavior of polypropylene/diatomite composite melts // Polymer Testing. 2008. V. 27. № 8. P. 936-940.
18. Sazonov Y.A., Mokhov M.A., Gryaznova I.V., Tumanyan K.A., Pyatibratov P.V., Voronova V.V. Development and research of jet pump-compressor unit with periodical connection of ejector // Journal of Applied Engineering Science. 2020. V. 18. № 2. P. 267-272.
19. Ren Z., Huang X., Liu H., Deng X., He J. Numerical and experimental studies for gas assisted extrusion forming of molten polypropylene // Journal of Applied Polymer Science. 2015. V. 132. № 42. P. 42682.
20. Polaskova M., Cermak R., Sedlacek T., Kalus J., Saha P., Obadal M. Extrusion of polyethylene/polypropylene blends with microfibrillar-phase morphology // Polymer Composites. 2010. V. 31. № 8. P. 1427-1433.
1. SHabalina O.K. Analysis of the operation of a two-phase ejector-disperser using numerical simulation methods // Automation, telemechanization and communication in oilindustry. 2020. № 10 (567). P. 5-8.
2. Sazonov I.A., Mokhov M.A., Tumanyan K.A., Frankov M.A., Markelov S.I. Development of an automated compressor unit for gas compression at the periodic connection of an ejector // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. V. 16. № 12. P. 5378-5383.
3. Sazonov I.A., Mokhov M.A., Tumanyan K.A., Frankov M.A., Mun V.A., Osicheva L.V. Development of technologies for increase the ejector units' efficiency // Journal of Computational and Theoretical Nanoscience. 2019. V. 16. № 7. P. 3087-3093.
4. Andreeva I.N. Ultra High Molecular Weight Polyethylene High Density. L.: Himiya, 1982. 80 p.
5. Uajt Dzh.L., CHoj D.D. Polyethylene, polypropylene and other polyolefins. SPb.: Izd-vo «Professiya», 2006. 122 p.
6. Majer E.A. Ultra High Molecular Weight Polyethylene: A New Reality for the Domestic Polyolefin Industry // Plasticheskie massy. 2003. № 8. P. 3-4.
7. Zavolzhskov A.A. Polyethylene as the main material for the production of pipe products // Studencheskij forum. 2019. № 39-1 (90). P. 59-61.
8. Mihajlin YU.A. Ultra high molecular weight polyethylene // Polimernye materialy. 2003. № 3. P. 18-21.
9. Stein H.L. Ultra high molecular weight polyethylene (UHMWPE) // Engineered Materials Handbook. ASM Int. 1999. P. 167-171.
10. Mazdubaj A.V., Amerhanov T.B. Calculation and design of equipment for extrusion of pipes from the composition of "polyethylene-rubber crumb" // Science and Technology of Kazakhstan. 2019. № 2. P. 86-95.
11. Cegel'skij V.G. Two-phase jet devices. M.: Izd-vo MGTU im. N.E. Bauman, 2003. 405 p.
12. Rosenberger T., Kiesler D., Kruijs F.E., Münzer A., Wiggers H. Ejector-based sampling from low-pressure aerosol reactors // Journal of Aerosol Science. 2018. V. 123. P. 105-115.
13. Askadskij A.A., Kondrashchenko V.I. Computer modeling of polymers. Atomic-molecular level. M.: Nauchnyj mir, 1999. V. 1. 544 p.
14. Kozlov G.V., Ovcharenko E.N., Mikitaev A.K. State structure of polymers. M: Izd-vo RHTU im. D.I. Mendeleeva, 2009. 392 p.
15. Komova N.N., Gol'dberg V.M., Kryuchkova A.N., Prut E.V., Gustov V.V. Changing the Properties of Polypropylene and High Density Polyethylene Blends during High Shear Extrusion // Polymer Science. 1991. № 12. P. 2595-2601.
16. Popova L.A. Filled stabilized polyolefin compositions // Trudy BGTU. Ser. IV. Himiya i tekhnologiya organicheskikh veshchestv. 2008. Vyp. XVI. P. 71-74.
17. Liang J.Z. Effects of extrusion conditions on die-swell behavior of polypropylene/diatomite composite melts // Polymer Testing. 2008. V. 27. № 8. P. 936-940.
18. Sazonov Y.A., Mokhov M.A., Gryaznova I.V., Tumanyan K.A., Pyatibratov P.V., Voronova V.V. Development and research of jet pump-compressor unit with periodical connection of ejector // Journal of Applied Engineering Science. 2020. V. 18. № 2. P. 267-272.
19. Ren Z., Huang X., Liu H., Deng X., He J. Numerical and experimental studies for gas assisted extrusion forming of molten polypropylene // Journal of Applied Polymer Science. 2015. V. 132. № 42. P. 42682.
20. Polaskova M., Cermak R., Sedlacek T., Kalus J., Saha P., Obadal M. Extrusion of polyethylene/polypropylene blends with microfibrillar-phase morphology // Polymer Composites. 2010. V. 31. № 8. P. 1427-1433.

References