

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ РОТАЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ

И.С. Хабазин, А.Н. Блазнов

Представлены основные критерии технологии ротационного формования. Построена принципиальная схема производства изделий ротационным методом для безотходного производства на базе которого можно произвести подбор технологического оборудования. Представлены результаты экспериментальных исследований фракционного состава сырья. Представлены соотношения скоростей главной и вторичной осей ротационной установки в зависимости от формы изделия. Освещены сведения о влиянии материала металлической формы на технологию изготовления сложных изделий.

Ключевые слова: ротационное формование, гравитационное распределение, дисковая мельница, рециклинг.

ВВЕДЕНИЕ

Ротационное формование полимерных изделий всё больше приобретает интерес в различных областях промышленности [1]. В основе процесса ротационного формования лежит изготовление полых изделий путём распределения мелкоизмельчённого полимерного материала по внутренней поверхности формы, которая вращается относительно двух осей и подвергнута температурному воздействию.

Основными критериями технологии ротационного формования являются:

- вращение вокруг двух осей с определённым соотношением в зависимости от геометрической формы изделия;
- гравитационное распределение материала по форме;
- мелкоизмельчённое сырьё с диапазоном фракций от 100 до 800 мкм;
- температурный режим нагрева и охлаждения формы [2].

Сам процесс изготовления методом ротационного формования имеет четыре цикла, представленные на рисунке 1 [2]: загрузка сырья и формование, нагрев при вращении, охлаждение и извлечение изделия.

Для современных предприятий, отвечающих последним требованиям экологической безопасности, особенно актуально применение безотходного производства с рециклингом.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Технология ротационного формования наиболее полноценно отвечает этим требованиям, поскольку при изготовлении готового изделия, как правило, нет литниковых кана-

лов, облоя, а при возникновении последнего он легко устраняется.

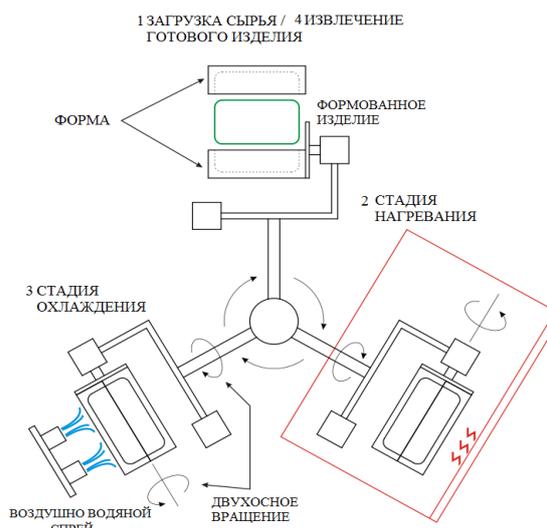


Рисунок 1 – Схема ротационного формования

Из исследования [3] было выявлено, что правильный выбор температурного режима для изготовления конкретного изделия требует экспериментального подбора температуры. В результате пусконаладочных работ при подбore температурного режима образуются бракованные изделия, которые необходимо повторно измельчить до фракции 100–800 мкм.

Для получения мелкой фракции полимерного материала из бракованного изделия необходим комплекс перерабатывающего оборудования.

В частности, для мелкогабаритных изделий применяются роторные дробилки, для крупногабаритных изделий требуется предварительное измельчение ленточными или дисковыми пилами, а также гильотиной. По-

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ РОТАЦИОННОГО ФОРМОВАНИЯ

сле получения фракции размером 5–10 мм дроблёное сырьё помещают в стренговый экструдер или гранулятор в зависимости от вида сырья. После получения гранул размером 2–4 мм их помещают в дисковую мельницу, где доводят гранулы до необходимой фракции [4].

Принципиальная схема технологии ротационного формования с рециклингом сырья представлена на рисунке 2.

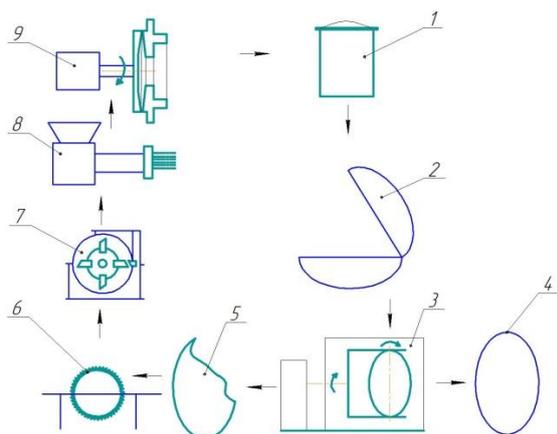


Рисунок 2 – Принципиальная схема технологии ротационного формования с рециклингом сырья

Сырьё из бункера 1 загружают в формирующую оболочку 2, изготавливают методом ротационного формования изделие 4 на установке 3. В результате пуско-наладочных или исследовательских работ образуются бракованные изделия 5, которые после предварительного измельчения на дисковой пиле 6 и роторной дробилке 7 отправляют в стренговый экструдер или гранулятор 8 для изготовления гранул с заданным размером 2–4 миллиметра, гранулы впоследствии проходят последнюю стадию измельчения в дисковой мельнице 9 с доводкой фракции до 100–800 микрометров, при этом изделие 4 после эксплуатации также может быть подвергнуто повторному использованию (утилизации) по представленной схеме.

Размер частиц полимерного порошка определяет время и температуру формования и качество готового изделия, также для получения изделий сложной формы необходимо сырьё с наименьшим содержанием мелкой фракции [4]. Например, при получении резьбовых соединений в канавках резьбового профиля могут оказаться частицы крупнее шага резьбы и образовать воздушный пузырь, который воспрепятствует проникновению более мелких частиц для образования качественной поверхности (рисунок 2).

ПОЛЗУНОВСКИЙ ВЕСТНИК № 4 Т.1 2016

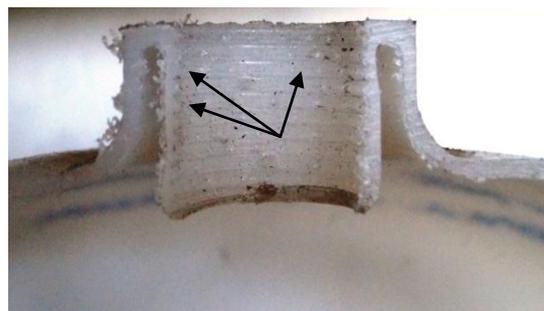


Рисунок 3 – Некачественная резьбовая поверхность, полученная ротационным методом

В технологической линии получения сырья необходимой фракции дисковая мельница занимает главную роль. Исследования работы дисковой мельницы, разработанной на ООО «Полимер», при измельчении LLDPE, представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Фракционный состав гранулированного LLDPE после измельчения на дисковой мельнице

Фракция, мм	Измельчённое сырьё LLDPE	
	Масса, г.	Содержание в %
Более 2,5	23,64	7,88
1–2,5	74,17	24,72
0,63–1	103,00	34,33
0,4–0,63	56,30	18,77
0,315–0,4	20,10	6,70
0,2–0,135	11,00	3,67
0,16–0,2	6,80	2,27
0,1–0,16	5,00	1,67
Масса навески, г	300	

Для качественного изготовления изделий ротационным методом необходимо учитывать скорость и соотношение частот вращения главной и вторичной оси ротационной установки. Этот параметр определяется из гравитационного распределения частиц материала по внутренней поверхности формирующей оболочки и характеризуется средней рабочей скоростью [5]:

$$\bar{v} = \pi D n_H \dot{v}, \quad (1)$$

где: D – диаметр формы, n_H – частота вращения главной оси, \dot{v} – относительная скорость.

В таблице 2 представлены базовые па-

раметры вращения осей ротационной установки в зависимости от геометрии изделия [6].

Таблица 2 – отношения скоростей для различных изделий

Отношение скоростей	Форма изделия
8:1	Продолговатые, прямые трубки (установленные горизонтально)
5:1	Трубопроводы, воздухопроводы
3:1	Кубики, мячи, прямоугольные коробки, правильные 3-D формы.
2:1	Кольца, тороиды, манекены, плоские формы.

Кроме отношения частот вращения осей, на правильное формирование изделия оказывает материал формообразующей оболочки. Исследования влияния материалов формующей оболочки так же были проведены на промышленной ротационной установке, разработанной на предприятии ООО «Полимер» г. Бийска. Эксперимент был проведен с целью выявления плохого формования в сложных геометрических участках формующей оболочки (горловинах, ребристых формах). В основу исследования легла теплопроводность материала оболочки. В полюсах формующей оболочки со сложной геометрической формой и плохим формообразованием полимерного слоя на поверхности были установлены алюминиевые элементы одинаковой толщины с остальными участками, в результате получили улучшение формирования полимерного слоя на поверхности алюминия и общего выравнивания толщины изделия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, по приведенным результатам можно сделать заключение, что технология ротационного формования позволяет производить изделия высокого качества, различной геометрической формы, с полным использованием сырьевого материала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Официальный сайт компании «Консультант Плюс» [Электронный ресурс] / документ – "Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года" (разработан Минэкономразвития России). 2013 – Электронные данные. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144190, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. Рус.
2. Шварц, О. / О. Шварц, Ф. В. Эбелинг, Б. Фурт; под общ. ред. А. Д. Паниматченко. – СПб.: Профессия, 2005. – 320 с.
3. Хабазин, И. С. Экспериментальные исследования температурных режимов ротационного формования полиэтилена низкой плотности мелкодисперсной фракции на экспериментальной установке ООО «Полимер» / И. С. Хабазин, А. Н. Блазнов // Технологии и оборудование химической, биотехнологической и пищевой промышленности: материалы IX Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием (18–20 мая 2016 г., г. Бийск) // Алт. гос. техн. ун-т, БТИ. – Бийск: Изд-во Алт. гос. техн. ун-та, 2016. – С. 152–154.
4. Crawford, R. J. Rotational molding technology / R. J. Crawford, J. L. Throne, 2002. – 439 p.
5. Шерышев, М. А. Математическое описание процессов переработки пластмасс: учебное пособие / М. А. Шерышев. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2005. – 144 с.
6. Крыжановский, В. К. Производство изделий из полимерных материалов: учебное пособие / В. К. Крыжановский, М. Л. Кербер, В. В. Бурлов, А. Д. Паниматченко. – СПб.: Профессия, 2004. – 464 с.

Хабазин Илья Сергеевич, аспирант кафедры «Машины и аппараты химических и пищевых производств» Бийского технологического института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова» (БТИ АлтГТУ), тел.: 8-(3854)43-52-99, e-mail: i2020i@yandex.ru.

Блазнов Алексей Николаевич, д.т.н., доцент, заведующий лабораторией Материаловедения минерального сырья Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук (ИПХЭТ СО РАН), тел.: (3854) 30-58-82, e-mail: blaznov74@mail.ru.