

**ОБОРУДОВАНИЕ И
ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ
ОТХОДОВ
ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

◆ Издательство ТГТУ ◆

УДК 504.064.45(075)
ББК Л710.09я73-5
К493

Утверждено Редакционно-издательским советом университета

Р е ц е н з е н т ы:

Доктор технических наук, профессор
Н.С. Попов

Кандидат технических наук, профессор
А.А. Контев

С о с т а в и т е л и:

А.С. Клинков, И.В. Шашков, М.В. Соколов, П.С. Беляев

К493 Оборудование и технология вторичной переработки отходов полимерных материалов : методические указания / сост. : А.С. Клинков, И.В. Шашков, М.В. Соколов, П.С. Беляев. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 48 с. – 100 экз.

Лабораторные работы способствуют закреплению знаний лекционного курса по утилизации и вторичной переработке полимерных материалов, умению применять технологические методы и стандартное оборудование для утилизации и вторичной переработки полимерных материалов.

Предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине "Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов" магистрантами шестого курса, обучающимися по программе 150400.26 "Технологические процессы, машины и оборудование комплексной химической переработки растительных полимеров", а также студентами, обучающимися по специальности 28.02.02 "Инженерная защита окружающей среды".

УДК 504.064.45(075)
ББК Л710.09я73-5

© ГОУ ВПО "Тамбовский государственный
технический университет" (ТГТУ), 2007

Министерство образования и науки Российской Федерации

ГОУ ВПО "Тамбовский государственный технический университет"

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
для студентов 4 и 5 курсов очного, 5 и 6 курсов заочного обучения
специальности 240801 и 6 курса магистерской программы 150400.26



Тамбов
Издательство ТГТУ
2007

Учебное издание

ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИЯ ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания

С о с т а в и т е л и:

КЛИНКОВ Алексей Степанович,
СОКОЛОВ Михаил Владимирович,
ШАШКОВ Иван Владимирович,
БЕЛЯЕВ Павел Серафимович

Редактор З.Г. Чернова
Инженер по компьютерному макетированию М.Н. Рыжкова
Корректор О.М. Ярцева

Подписано в печать 18.10.2007.
Формат 60 × 84/16. 2,79 усл. печ. л. Тираж 100 экз. Заказ № 716

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Лабораторная работа 1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ

Цель работы: ознакомление с конструкцией и принципом работы ножевого измельчителя, предназначенного для дробления отходов термопластичных полимерных материалов; составление кинематической и расчетной схем, технической характеристики оборудования для измельчения.

Оборудование и материалы: ножевой измельчитель, технологические отходы термопластов.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

По литературным источникам [1]–[3] ознакомиться с назначением, принципом действия, классификацией и особенностями конструкции ножевых измельчителей. Изучить теорию процесса измельчения полимерных материалов, существующие экспериментальные способы и методы расчета параметров оборудования для измельчения.

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. В лаборатории на рабочем месте ознакомиться с конструкцией ножевого измельчителя. Составить кинематическую схему; описать принцип действия, назначение, особенности работы.

2. Ознакомиться с технологическим процессом измельчения отходов термопластичных полимерных материалов; получить экспериментальные образцы при различных режимах работы ножевого измельчителя (при варьировании частоты вращения ротора, величины зазора между ножами, диаметра отверстий в сменной калибрующей решетке и др.) по указанию преподавателя.

3. Определить гранулометрический состав полученного измельченного полимерного материала.

4. Определить показатель текучести расплава полученного измельченного полимерного материала.

5. Определить физико-механические свойства полученного измельченного полимерного материала (предел текучести при растяжении, относительное удлинение и предел прочности при разрыве).

6. Определить основные параметры ножевого измельчителя: производительность и мощность привода – экспериментально и расчетным путем по соответствующим зависимостям.

7. Составить техническую характеристику ножевого измельчителя.

2.1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Оборудование для измельчения используется в химической промышленности для проведения технологических операций: дробления, раздавливания, истирания, расщепления волокнистых ингредиентов и отходов полимерных материалов при их вторичной переработке, а также других операций. Применяемое оборудование: дробилки, мельницы, дезинтеграторы, грануляторы, резательные станки, дистилляторы и др. В качестве рабочих органов дробилок используют роторы с жесткими продольными билами, молотковыми, крестовыми, консольно-стержневыми, ножевыми устройствами.

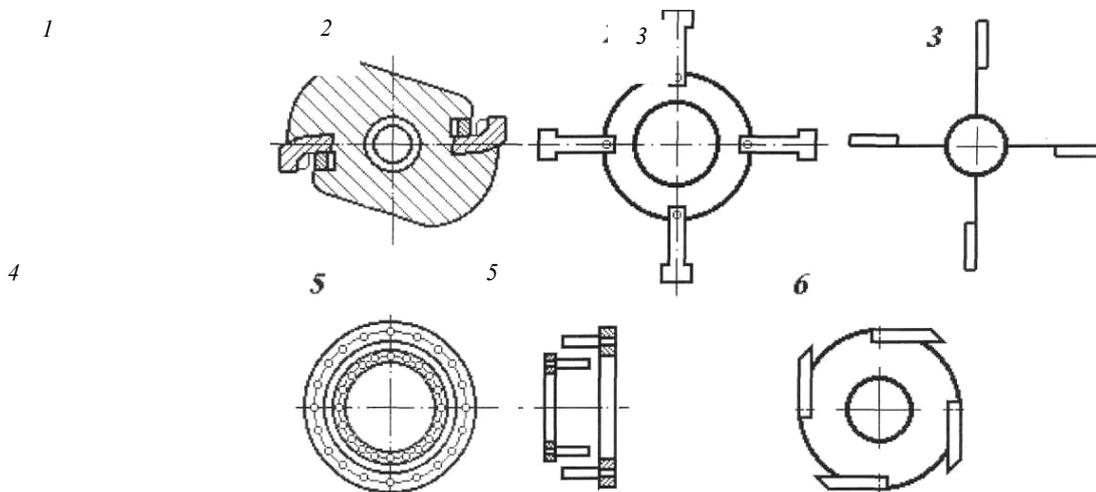


Рис. 1.1. Типовые конструкции бильных валов:

1 – с продольными билами; 2 – молотковые устройства; 3 – крестовые устройства; 4 – консольно-стержневые насадки; 5 – ножевые роторы

Типовые бильные валы показаны на рис. 1.1. Первый тип роторов (1) характеризуется массивностью и жестко закрепленными на них билами различной конфигурации. Служат для грубого дробления твердых тел (различных смол, твердых компонентов и др.) Молотковые устройства 2 характеризуются наличием шарнирно закрепленных насадок-молотков и служат для дробления твердых тел, в том числе и отходов пластмасс. Третий тип насадок (3) пригоден для вторичного дробления, разрыхления и распушки продуктов химических производств. Консольно-стержневые насадки 4 характеризуются наличием стержней, жестко закрепленных в дисках, расположенных концентрично и вращающихся навстречу друг другу; применяются в дезинтеграторах для дробления серы, графита, асбеста, отходов РТИ и других материалов. Ножевые роторы 5 характеризуются наличием нескольких жестко закрепленных ножей и используются в дезинтеграторах по переработке полимерных материалов и отходов пластмасс, шин и РТИ.

На рис. 1.2. показана типичная конструкция ножевого измельчителя. Полимерные материалы, подлежащие дроблению, из загрузочного бункера 8 поступают в измельчительную камеру и захватываются вращающимся ротором 5. Измельчение происходит между двумя ножами 7, установленными на вращающемся роторе 5 и неподвижном корпусе 3. Качество измельчения материалов определяется величиной зазора между ножами. Регулировка зазора производится путем радиального перемещения ножей на роторе. Степень измельчения характеризуется величиной отверстий калибровочной решетки 9. При перегрузках (например, заклинивании ножей при попадании металлических предметов) шпильки 6 срезаются и диск свободно будет вращаться относительно ротора, тем самым предохраняя электродвигатель от перегрузок.

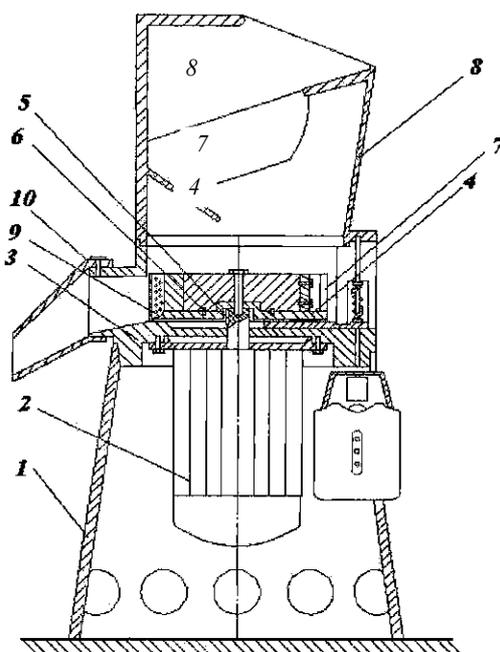


Рис. 1.2. Ножевой измельчитель:

- 1 – станина; 2 – фланцевый электродвигатель; 3 – корпус; 4 – диск;
5 – ротор; 6 – шпильки; 7 – ножи; 8 – загрузочная воронка;
9 – сменная калибрующая решетка; 10 – лоток

Перспективное направление в конструировании измельчителей барабанного типа является разработка вибровращательных мельниц. Такое оборудование исключает недостатки, присущие барабанным шаровым и вибрационным мельницам: низкая эффективность процесса измельчения, наличие застойных зон, значительная металлоемкость и ограничение по скорости вращения барабана.

Конструктивная схема вибровращательной мельницы показана на рис. 1.3. Она состоит из барабана 1, его подшипниковых опор 2, жестко установленных на стойках 3, опирающихся на виброплиту 4, которая монтируется на четырех цилиндрических пружинах 6. Вибратор 5 крепится к нижней поверхности плиты 4. Вращение барабана осуществляется от электродвигателя, через редуктор (вариатор) (на рис. 3 – условно не показано) и клиноременную передачу 8.

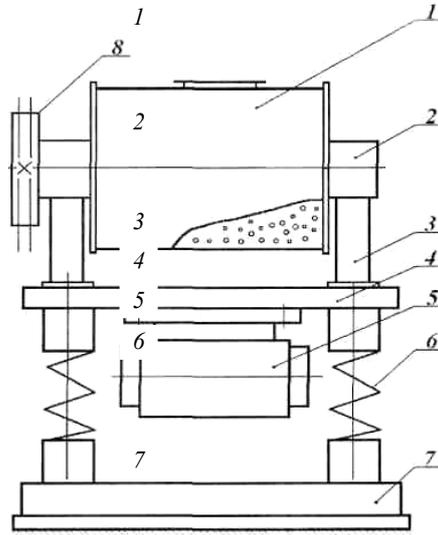


Рис. 1.3. Конструктивная схема вибровращательной мельницы:
1 – барабан; 2 – узел подшипника; 3 – стойка; 4 – виброплита; 5 – вибратор;
6 – пружина; 7 – плита; 8 – клиноременная передача

Скорость вращения барабана определяется по эмпирической формуле

$$n = \frac{8}{(2R_6)^{0,5}} (5\varphi + 2), \quad (1.1)$$

где R_6 – радиус барабана, м; $\varphi = (0,35 \dots 0,45)$ – коэффициент заполнения барабана мелющими телами.
Масса шаровой загрузки

$$G_{ш} = \pi R_6 L_6 \varphi \rho_{ш}, \quad (1.2)$$

где L_6 – длина барабана, м; $\rho_{ш}$ – насыпная плотность мелющих тел, м.
Диаметр размольных тел

$$d_{ш} = 3 \sqrt[3]{\frac{3q \times 10^{-2}}{\pi \rho_0}}, \quad (1.3)$$

где $q = \frac{cE_0}{8[R_6^2(n/30)^2 - 2R_6^4(n/30)^6 + R_6^6(n/30)^{10}]}$; $c = 0,57$ – коэффициент при сухом измельчении и $c = 5,5$ – при мокром измельчении; E_0 – энергия начала разрушения частиц.

Мощность, необходимая для вращения барабана,

$$N_1 = \frac{1,1M\rho_{ш}R_6^{2,5}L_6}{6 \times 10^{-4}}, \quad (1.4)$$

где $M = 0,5$ – эмпирический коэффициент работы массы мелющих тел.

Потребляемая мощность электродвигателем вибратора

$$N_2 = \frac{N_3}{\eta}, \quad (1.5)$$

где $N_3 = \frac{\omega^3 K Q M_B^2 G_1}{10^7 \times [G_2 + Q^2(G_1^2 + G_2^2)]}$; ω – частота колебаний барабана, c^{-1} ;

M_B – момент вибратора, Н·м; G_1 – масса загрузки, кг; G_2 – масса колеблющихся узлов измельчителя (без загрузки), кг; $Q = (0,4 \dots 0,5)$ – экспериментальный коэффициент; $K = 1$ – коэффициент, характеризующий передачу мощности от барабана к загрузке.

Средняя амплитуда колебаний барабана

$$A_{cp} = \frac{M_B}{G_2} \sqrt{\frac{1+Q^2}{1+Q^2(1+\mu^2)}}, \quad (1.6)$$

где $\mu = G_1/G_2$ – коэффициент соотношения масс загрузки к массе колеблющихся тел узлов мельницы.

Оптимальное значение $\mu = 1,8$.

Суммарная мощность вибровращательного измельчителя

$$N_c = N_1 + N_2, \quad (1.7)$$

т.е. мощность, затрачиваемая на вращение барабана и его вибрацию.

Более полное описание конструкций резки каучуков и измельчения других ингредиентов смесей изложены в [1] – [3].

2.2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Установить заданную величину зазора между ножами ножевого измельчителя.
2. Установить сменную калибрующую решетку с заданным диаметром отверстий $d = 5$ мм.
3. Отходы полимерного материала в заданном количестве загрузить в воронку ножевого измельчителя.
4. Включить электродвигатель измельчителя.
5. В процессе измельчения определить мощность, затрачиваемую на процесс.
6. С помощью специального мерника, секундомера и весов определить объемную Q_v и весовую G производительность, а также насыпную плотность γ .
7. Определить гранулометрический состав измельченного полимерного материала с помощью штангенциркуля или микрометра.
8. Установить сменную калибрующую решетку с другим диаметром отверстий.
9. Выполнить действия по пунктам 3 – 8 для сменной калибрующей решетки с заданными диаметрами отверстий ($d = 3; 2; 1$ мм).
10. Количество проводимых экспериментов должно быть не менее трех для каждой калибрующей решетки.
11. Полученные результаты экспериментальных данных заносятся в табл. 1.1.
12. Полученный вторичный полимерный материал подвергается экспресс-контролю по определению показателя текучести расплава, предела текучести при растяжении, относительного удлинения и предела прочности при разрыве. Методика определения этих показателей дана в разделе 2.3.
13. Результаты испытаний заносятся в табл. 1.1.

2.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИЗМЕЛЬЧЕННОГО ПОЛИМЕРНОГО МАТЕРИАЛА

2.3.1. Показатель текучести расплава полимера определяют по следующей методике.

Для определения показателя текучести расплава используется грузовой капиллярный вискозиметр ИИРТ-М, который соответствует ГОСТ 11645–73. В зависимости от вида исследуемого полимера в соответствии с ГОСТ выбирается капилляр с определенным диаметром, температура испытания и масса груза. Перед испытаниями вискозиметр прогревается в течение одного часа. После этого заполняют камеру прибора гранулами и вводят в нее поршень с грузом. Через 10 мин (время прогрева термопласта) освобождают груз, под действием которого полимер начинает продавливаться через капилляр. При истечении полимера через капилляр срезают прутки (до 10 шт.) за установленный промежуток времени – 60 с, который засекают по секундомеру. Прутки, которые содержат пузырьки воздуха, – забраковывают. На аналитических весах определяют массу срезанных прутков с точностью до 0,001 г.

Показатель текучести расплава I (г/10 мин) определяют по формуле:

$$I = 600m / t, \quad (1.8)$$

где m – масса прутка, г; t – время истечения прутка, с.

За результат испытаний принимают среднее квадратичное всех параллельных определений для каждого эксперимента.

2.3.2. Предел текучести при растяжении, относительное удлинение и предел прочности при разрыве полимера определяют по следующей методике.

Гранулы закладываются в пресс-форму, которую устанавливают в пресс и в зависимости от типа полимера прессуют при определенной температуре и давлении в течение заданного времени. Например,

гранулы полиэтилена прессуют при температуре 160 °С, давлении 100 кГ·с/см² в течение 15 мин. Из полученных прессованием пластин вырубается образцы, показанные на рис. 1.4, имеющие размеры табл. 1.2.

Испытания на растяжение проводят согласно ГОСТ 11262–68. Образцы должны иметь гладкую ровную поверхность без вздутий, сколов, трещин, раковин и других дефектов. Образцов для каждого опыта должно быть не менее пяти.

Испытания можно проводить на разрывной машине СМГИ-Ц-250. Устанавливают скорость раздвижения захватов в испытательной машине (рекомендуется 28 мм/мин). Перед испытанием измеряют толщину и ширину образцов в их рабочей части с точностью до 0,01 мм, не менее чем в трех местах. Образцы, у которых результаты измерений толщины и ширины рабочей части различаются больше, чем на 0,2 мм, заменяются другими.

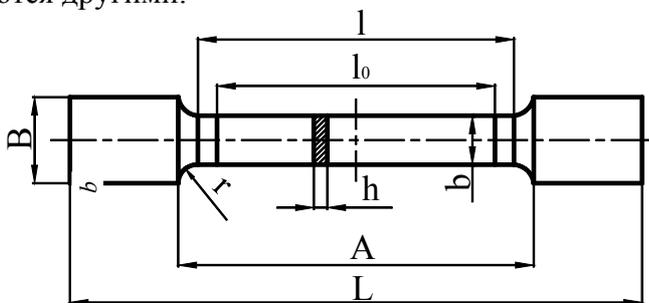


Рис 1.4. Образец для испытания на растяжение

1.2. Размеры образцов для испытания на растяжение

Название размеров	Обозначение	Величина, мм
Общая длина	L	40
Ширина головки	B	7
Длина рабочей части	l	18
Ширина рабочей части	b	3,5
Размеры закруглений	r	3
Расстояние между метками	A	21
Толщина рабочей части	h	2
Начальная база образца	l ₀	16

Перед испытанием на образец наносят метки, ограничивающие его базу и положение кромок захватов. Нанесение меток не должно приводить к изменению свойств образца и к его разрушению по меткам. Образец закрепляют в захваты разрывной машины по меткам, определяющим положение кромок захватов на образце, так, чтобы исключить его скольжение в процессе испытания, при этом разрушение его не должно происходить в месте закрепления. Продольная ось образца должна совпадать с осью захватов и направлением движения подвижного захвата.

В момент достижения предела текучести и разрушения измеряют нагрузку и удлинение. В расчет необходимо принимать результаты, полученные на образцах, разрушившихся в пределах рабочей части.

Предел текучести при растяжении σ_T и предел прочности при разрыве σ_p вычисляют по формулам:

$$\sigma_T = P_T / bh; \quad (1.9)$$

$$\sigma_p = P_p / bh, \quad (1.10)$$

где P_T – нагрузка в момент достижения предела текучести, Н; P_p – нагрузка, при которой образец разрушился, Н; b , h – ширина и толщина рабочей части образца, м.

Относительное удлинение при разрыве ε вычисляют по формуле

$$\varepsilon = \Delta l / l_0 \cdot 100, \quad (1.11)$$

где Δl – приращение образца при разрыве, мм.

За результат испытаний принимают среднее квадратичное всех параллельных определений для каждого эксперимента.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ НОЖЕВОГО ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЯ

Для составления технической характеристики студент должен определить: мощность привода и производительность ножевого измельчителя, при дроблении отходов термопластов, используя приведенные ниже зависимости и методы, изложенные в литературе и лекционном курсе. При этом задаются следующие параметры: направление и скорость вращения ротора, величина загрузки отходов полимера, время измельчения, величина зазора между ножами, суммарная площадь отверстий сита.

Производительность ножевых измельчителей определяется по формуле

$$G_{\text{н}} = 3600vS\varphi\gamma, \quad (1.12)$$

где v – скорость движения крошки через сечение отверстий сита, м/с; S – суммарная площадь отверстий сита, м²; $\varphi = (0,5 \dots 0,8)$ – коэффициент полноты заполнения отверстий сита крошкой; γ – насыпная плотность крошки, кг/м³.

$$v = \frac{Q_v}{3600S\varphi}, \quad (1.13)$$

где Q_v – объемная производительность измельчителя, м³/ч.

$$S = \frac{\pi d^2}{4} k, \quad (1.14)$$

где d – диаметр отверстий сменной калибрующей решетки, м; k – число отверстий в сменной калибрующей решетке.

Мощность на валу электродвигателя измельчителя

$$N_{\text{д}} = \frac{Pv_p z}{1000\eta}, \quad (1.15)$$

где $P = \tau_{\text{ср}} F$ – сила среза материала одним ножом ротора, Н; $\tau_{\text{ср}}$ – напряжение среза материала, Н/м²; $F = \delta l$ – площадь среза, м²; δ – толщина среза, м; l – длина ножа, м; $v_p = \pi R n / 30$ – скорость вращения ротора, м/с; R – радиус действия силы среза (определяется путем геометрического измерения), м; n – число оборотов двигателя, об/мин; z – количество ножей; η – КПД привода измельчителя.

3.1. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Техническая характеристика должна включать в соответствии с номенклатурным справочником следующие позиции: тип и назначение ножевого измельчителя; производительность; количество ножей; размер ножей: длину, диаметр; рабочую поверхность; частоту вращения ротора; максимальный зазор между ножами; механизм регулирования зазора между ножами; тип и характеристику привода, в том числе тип электродвигателя, его мощность, скорость вращения выходного вала и тип, характеристику передачи; габаритные размеры; вес.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие сведения по типам и конструкциям оборудования для измельчения, их конструктивные особенности, назначение, параметрические расчеты (схемы, эскизы, расчетные формулы по литературе). Раздел выполняется в процессе подготовки к лабораторной работе по рекомендуемой литературе.

2. Измерение и расчет параметров ножевого измельчителя.
3. Определение гранулометрического состава полученного измельченного полимерного материала.
4. Экспериментальные данные в виде табл. 1.1 и выводы по проведенной работе.
5. Составление технической характеристики.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте классификацию оборудования для измельчения отходов термопластов.
2. Опишите конструкцию ножевых измельчителей, применяемых при переработке отходов полимеров.
3. Как осуществляется регулировка зазора между ножами?
4. Какие конструкции аварийных устройств вы знаете?
5. Опишите технологию изготовления ножей измельчителя.
6. Какие параметры измельчителя варьируются в процессе переработки отходов термопластичных полимерных материалов?
7. Какие параметры оказывают влияние на производительность ножевого измельчителя?

Лабораторная работа 2

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ НА ВАЛЬЦАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ

Цель работы: ознакомление с конструкцией и принципом работы валцов непрерывного действия для производства и переработки полимерных материалов, технологией вторичной переработки отходов пленочных термопластичных полимерных материалов; составление кинематической и расчетной схем, технической характеристики валкового оборудования; определение производительности и энергозатрат на гранулирование термопластов.

Оборудование и материалы: экспериментальная валковая установка на базе лабораторных валцов ЛБ200 80/80, пленочные отходы из термопластичных полимерных материалов.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

По литературным источникам [4, с. 68 – 191] ознакомиться с назначением, принципом действия, классификацией и особенностями конструкции валцов. Изучить теорию процесса деформирования полимерных материалов в межвалковом зазоре, существующие экспериментальные способы и методы расчета параметров валковых машин [4, с. 5 – 51], [5, с. 4 – 20, с. 34 – 36]. Изучить существующие методы утилизации отходов полимерных материалов [6 – 8].

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. В лаборатории на рабочем месте ознакомиться с конструкцией лабораторной установки. Составить кинематическую схему, описать принцип действия, назначение, особенности работы.

2. Ознакомиться с технологическим процессом вторичной переработки отходов пленочных полимерных материалов, получить экспериментальные образцы при различных режимах работы валковой установки (при варьировании величины зазора, частоты вращения валков, количества материала на валках, температуры валков и др.) по указанию преподавателя.

3. Определить показатель текучести расплава полученного вторичного полимерного материала.

4. Определить физико-механические свойства полученных гранул (предел текучести при растяжении, относительное удлинение и предел прочности при разрыве).

5. По соответствующим зависимостям [4], [5] определить основные параметры валковых машин: величину распорного усилия, производительность, мощность привода.

6. Составить техническую характеристику экспериментальной валковой установки.

2.1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ВАЛКОВОЙ УСТАНОВКИ

Экспериментальная валковая установка представляет собой машину, основными рабочими органами которой являются два полых валка 1, расположенных в горизонтальной плоскости и вращающихся навстречу друг другу с разными окружными скоростями (рис. 2.1). Валки валцов монтируются в подшипниках скольжения или качения 13 и установлены в корпусах на станинах 2, 14. Передача вращающего момента осуществляется от вала электродвигателя постоянного тока 15 через редуктор 16, приводные 5 и фрикционные шестерни 8. В привод валцов встроены ленточный или колодочный тормоз 6. Приводные и фрикционные шестерни заключены в кожухи 7, нижняя часть которых представляет собой масляные ванны для смазки пар.

Каждая из двух станин 2, 14 сверху стянута поперечиной 10 и установлена на фундаментной плите 11. Корпуса подшипников заднего

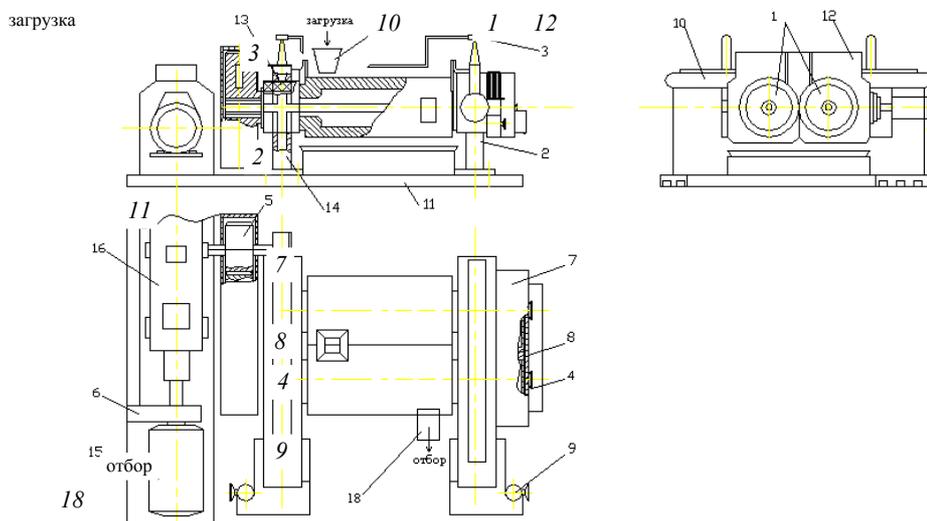


Рис. 2.1. Общий вид экспериментальной валковой установки:

1 – валок; 2, 14 – станины; 3 – аварийное устройство; 4 – устройство для подвода теплоносителя; 5 – приводные шестерни; 6 – ленточный тормоз; 7 – кожух;
 8 – фрикционная передача; 9 – механизм регулировки зазора; 10 – поперечина;
 11 – фундаментная плита; 12 – ограничительные стрелы; 13 – подшипник;
 15 – электродвигатель постоянного тока; 16 – редуктор; 17 – загрузочный бункер; 18 – отборочно-гранулирующее устройство валка закреплены в станинах неподвижно. Корпуса подшипников переднего валка установлены так, что имеют возможность перемещаться в станинах с целью регулировки зазора между валками 1. Механизм регулировки зазора 9 позволяет перемещать подшипники переднего валка по направляющим станины и фиксировать их в заданном положении. Регулировка зазора производится при помощи пары винт–гайка, расположенных по обе стороны переднего (рабочего) валка.

На каждой из станин вальцов, со стороны рабочего валка, имеются указатели величины зазора между валками. Механизмы регулировки зазора снабжены предохранительными устройствами. Для поддержания заданного температурного режима обработки материала валки вальцов снабжаются устройствами для подвода теплоносителя (хладоагента) 4.

С целью предотвращения попадания обрабатываемого материала в подшипники валков устанавливают ограничительные стрелы 12. Ограничительные стрелы состоят из двух половин, одна крепится к переднему, а другая – к заднему корпусам подшипников валков. Обеспечение безопасности обслуживающего персонала достигается установкой на вальцах аварийного устройства 3. В изучаемой конструкции вальцов применено электродинамическое торможение. Для смазки поверхностей трущихся пар вальцы снабжены системой смазки. Для обеспечения непрерывной переработки отходов вальцы снабжены загрузочным бункером 17 и отборочно-гранулирующим устройством 18, которое выполнено трех различных видов (рис. 2.2 – рис. 2.4).

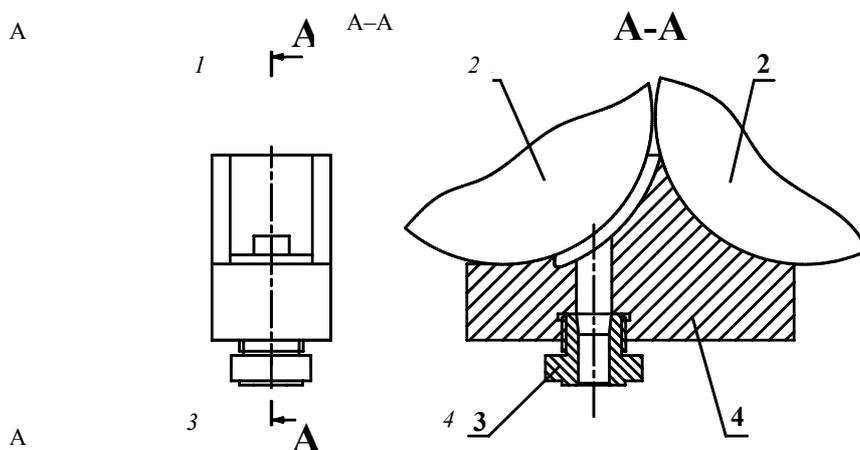


РИС. 2.2. НИЖНЕЕ ОТБОРОЧНО-ГРАНУЛИРУЮЩЕЕ УСТРОЙСТВО:

1 – передний валок; 2 – задний валок; 3 – фильера; 4 – башмак

Расплав полимера из зазора между валками поступает в канал плоскоцелиевого типа между передним валком 1 и башмаком 4 отборочно-гранулирующего устройства, далее расплав продавливается через канал башмака круглого сечения, и окончательное оформление заданного поперечного сечения стренга осуществляется в сменной фильере 2 (рис. 2.2). Фильеры выполнены следующих диаметров 4, 5, 6 мм.

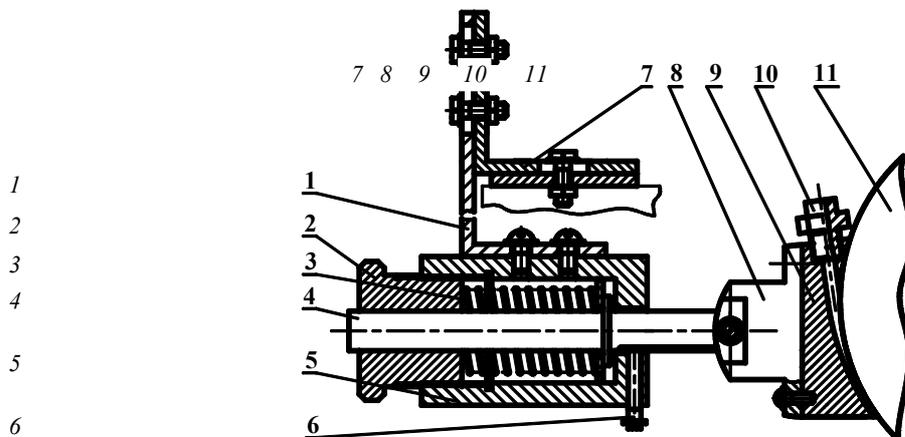


Рис. 2.3. Боковое отборочно-гранулирующее устройство:

1 – крышка; 2 – фильера сменная; 3 – опорная пята; 4 – стакан; 5, 6 – уголок;
 7 – экструзионная приставка; 8 – шток; 9 – винт; 10 – пружина;
 11 – передний валок

Крышка, шток и демпфирующая пружина обеспечивают необходимое давление прижима экструзионной приставки к поверхности валка (рис. 2.3).

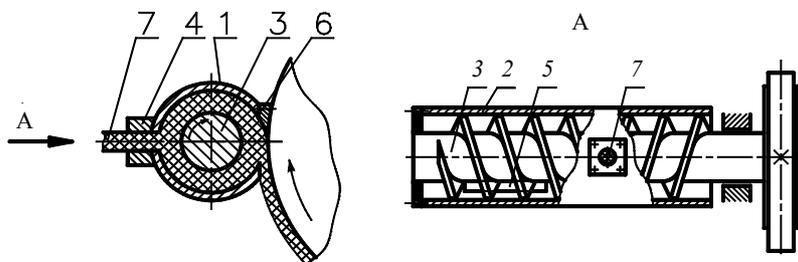


Рис. 2.4. Шнековое отборочно-гранулирующее устройство:

1 – шнековое отборочно-гранулирующее устройство; 2 – цилиндр; 3 – шнек;
4 – формующая головка; 5 – загрузочное окно; 6 – нож; 7 – расплав полимера

При достижении отборочного устройства смесь срезается режущей кромкой ножа 6 и направляется в винтовой канал шнека 3, который выполняет функцию транспортирования массы и создания заданного давления перед формующей головкой 4, где профилируется заданное сечение стренга 7 (рис. 2.4).

Экспериментальная валковая установка оснащена амперметром для измерения тока нагрузки электродвигателя, возникающего в процессе вальцевания; тензометрическим датчиком для измерения распорного усилия между валками; контактным термоэлектрическим термометром ТПК-1 для измерения температуры вальцуемой смеси и поверхности валков; теристорным частотным преобразователем для задания нужной частоты вращения валков и шнека в шнековом отборочно-гранулирующем устройстве.

2.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ ПЛЕНОЧНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Разработанный технологический процесс (рис. 2.5) вторичной переработки пленочных отходов термопластов по непрерывной технологии осуществляется следующим образом: отходы с содержанием посторонних примесей не более 5 % поступают на участок сортировки отходов 1, в процессе которой из них удаляют случайные инородные включения и выбраковывают сильно загрязненные куски. Отходы полимеров 3 непрерывно загружаются через загрузочный бункер, с левой стороны валцов, на рабочие поверхности валков 2. На вальцах происходит плавление отходов, удаление летучих компонентов, пластикация, возможно модифицирование

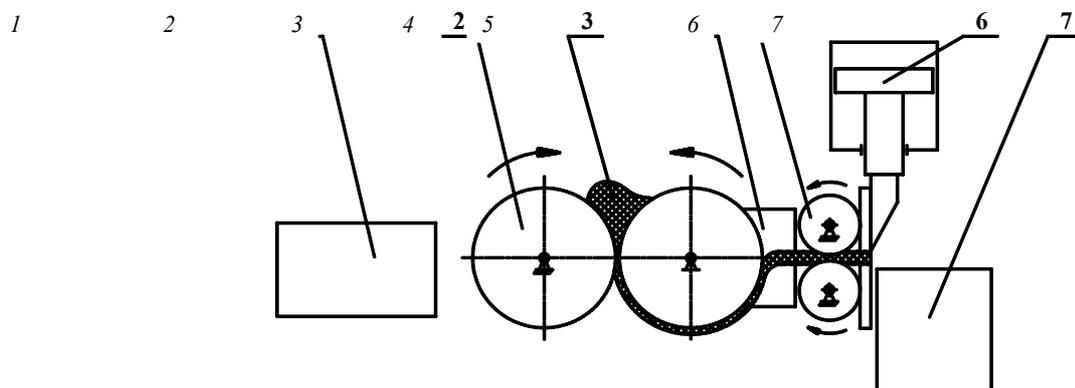


Рис. 2.5. Схема технологического процесса вторичной переработки пленочных отходов термопластов:

1 – участок сортировки отходов; 2 – вальцы; 3 – отходы полимеров;
4 – отборочно-гранулирующее устройство; 5 – тянущее устройство;
6 – нож; 7 – емкость для гранул

различными добавками и окрашивание расплава. Для гранулирования вальцуемого материала расплав полимера продавливается через отборочно-гранулирующее устройство 4, установленное с правой стороны валцов на рабочей поверхности валка, с образованием прутков (стренгов) заданного поперечного сечения. Полученные стренги сохраняют свой размер за счет установки тянущего устройства 5, далее они режутся ножом 6, после чего полученные гранулы собираются в емкости 7. По данной технологии могут перерабатываться не только пленочные отходы термопластов производственного и общественного потребления, но и различные технологические отходы термопластов.

В процессе вторичной переработки отходов полимеров на вальцах в расплав можно добавлять различные модифицирующие добавки и красители. Целью модификации гранулята является экранирование функциональных групп и активных центров химическими или физико-химическими способами и создание однородного по структуре материала с воспроизводимыми свойствами.

Методы модификации вторичного полимерного сырья можно разделить на химические (сшивание, введение различных добавок, главным образом органического происхождения, обработка кремнийорганическими жидкостями и др.) и физико-механические (наполнение минеральными и органическими наполнителями).

В процессе лабораторной работы необходимо при варьировании технологических (величина минимального зазора между валками, частота вращения валков и шнека, количество материала на валках, температура валков и др.) и конструктивных (различные отборочно-гранулирующие устройства, длина рабочей зоны валков, диаметр фильер) параметров определить время пребывания полимерного материала на вальцах, температуру расплава полимера, физико-механические и технологические свойства полученного гранулята (предел текучести при растяжении, относительное

удлинение и предел прочности при разрыве, показатель текучести расплава, производительность). В процессе эксперимента также определяются энергозатраты на получение гранулята и величина распорных усилий.

2.3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Включить питание термостата, который обеспечивает нагрев валков валковой установки.
2. Установить величину фрикции между валками $f = 1:1,2$.
3. Включить питание валковой установки.
4. Установить величину минимального зазора между валками $2h_0 = 1$ мм.
5. Смонтировать нижнее отборочно-гранулирующее устройство.
6. Установить фильеру с диаметром $d_{\phi} = 4$ мм.
7. Включить электродвигатель валковой установки и установить частоту вращения переднего валка $u = 15$ об/мин.
8. При достижении заданной температуры поверхности валков (например, при переработке отходов полиэтилена низкой плотности – $125 \dots 130$ °С) непрерывно загружать с левой (правой) стороны вальцов отходы полимерного материала.
9. Количество материала на валках в процессе переработки должно быть постоянным, что контролируется по величине "запаса" (координаты X_k и X_n всегда постоянны).
10. После выхода на заданный, установившийся режим переработки по амперметру зарегистрировать величину тока нагрузки электродвигателя I_n .
11. Измерение мощности потребляемой электродвигателем валковой установки на процесс переработки отходов проводить с помощью вольтамперной характеристики: $N_{\text{экс}} = I_n U$, где U – напряжение питания электродвигателя, $U = 220$ В.
12. Получить экспериментальные образцы и с помощью секундомера и весов определить производительность процесса.
13. Полностью очистить поверхность валков от полимерного материала.
14. Установить частоту вращения переднего валка $u = 20$ об/мин.
15. Выполнить действия по пунктам 8 – 14 при $u = 20$ об/мин.
16. Установить частоту вращения переднего валка $u = 25$ об/мин.
17. Выполнить действия по пунктам 8 – 14 при $u = 25$ об/мин.
18. Установить фильеру с диаметром $d_{\phi} = 5$ мм.
19. Выполнить действия по пунктам 7 – 18 для фильеры с диаметром $d_{\phi} = 5$ мм.
20. Установить фильеру с диаметром $d_{\phi} = 6$ мм.
21. Выполнить действия по пунктам 7 – 18 для фильеры с диаметром $d_{\phi} = 6$ мм.
22. Установить величину минимального зазора между валками $2h_0 = 1,5$ мм.
23. Выполнить действия по пунктам 5 – 22 для $2h_0 = 1,5$ мм.
24. Установить величину минимального зазора между валками $2h_0 = 2$ мм.
25. Выполнить действия по пунктам 5 – 22 для $2h_0 = 2$ мм.
26. Смонтировать боковое отборочно-гранулирующее устройство.
27. Выполнить действия по пунктам 4, 6 – 26, т.е. те же эксперименты, как при использовании нижнего отборочно-гранулирующего устройства.
28. Смонтировать шнековое отборочно-гранулирующее устройство.
29. Установить частоту вращения шнека $a = 20$ об/мин.
30. Выполнить действия по пунктам 4, 6 – 26, т.е. те же эксперименты, как при использовании нижнего и бокового отборочно-гранулирующих устройств.
31. Установить частоту вращения шнека $a = 35$ об/мин.
32. Выполнить действия по пунктам 4, 6 – 26, т.е. те же эксперименты, как при частоте вращения $a = 20$ об/мин.
33. Установить частоту вращения шнека $a = 50$ об/мин.
34. Выполнить действия по пунктам 4, 6 – 26, т.е. те же эксперименты, как при частотах вращения шнека $a = 20$ об/мин и $a = 35$ об/мин.
35. Установить величину фрикции между валками $f = 1:1$.
36. Выполнить действия по пунктам 4, 6 – 35, т.е. те же эксперименты, как при фрикции между валками $f = 1:1,2$.
37. Установить величину фрикции между валками $f = 1:1,36$.

38. Выполнить действия по пунктам 4, 6 – 35, т.е. те же эксперименты, как при фрикции между валками $f = 1:1,2$ и $f = 1:1$.
39. Отключить питание термостата и валковой установки.
40. Полученные результаты экспериментальных данных заносятся в таблицы. (Пример – табл. 2.1).
41. Полученный вторичный полимерный материал подвергается экспресс-контролю по определению показателя текучести расплава, предела текучести при растяжении, относительного удлинения и предела прочности при разрыве. Методика определения этих показателей дана в разделе 2.3 лабораторной работы 1.
42. Полученные результаты заносятся в таблицы, и строятся графические зависимости $N_T = f(u)$, $G = f(u)$, $F_p = f(u)$, $I = f(u)$, σ_T и $\sigma_p = f(u)$, $\varepsilon = f(u)$ по заданию преподавателя.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭНЕРГОСИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ НА ВАЛКОВОЙ УСТАНОВКЕ

Для составления технической характеристики студент должен определить распорное усилие между валками, полезную мощность привода валковой установки, производительность при непрерывном процессе вальцевания. Эти параметры определяются экспериментально (п. 2.3) и расчетным путем по приведенным ниже зависимостям и методам, изложенным в [4], [5], [15] и лекционном курсе. При этом задаются следующие параметры: направление вращения валков, величина фрикции между валками, время пребывания полимерного материала на валках, температурный режим вальцевания, реологические свойства полимера, величина минимального зазора между валками и др.

Расчетным путем величина распорного усилия определяется с учетом реологических свойств обрабатываемой полимерной композиции и геометрических размеров валка [4], [5].

1. Для случая симметричного процесса вальцевания (фрикция равна $f = 1:1$)

$$F_p = 2KRL \left(\frac{U}{h_0} \right)^n (1,93 + 2,63n + 1,22n^2), \quad (2.1)$$

где K , n – реологические константы перерабатываемого материала (n – безразмерная величина, K – Н·с/м²); R – радиус валка, м; L – рабочая длина валка, м; U – окружная скорость вращения валков, м/с; h_0 – половина минимального зазора между валками, м.

2. Для случая вальцевания полимерного материала с фрикцией

$$F_p = (1 + f)KRL \left(\frac{U_1}{h_0} \right)^n (1,93 + 2,63n + 1,22n^2), \quad (2.2)$$

где f – величина фрикции между валками; U_1 – окружная скорость переднего валка, м/с.

Технологическую мощность процесса вторичной переработки полимерной упаковки на экспериментальной валковой установке определяют по зависимостям [4], [5]:

1. Для случая симметричного вальцевания

$$N_T = 2KLU \left(\frac{U}{h_0} \right)^n \sqrt{2Rh_0} (4,67 + 8,06n + 4,09n^2). \quad (2.3)$$

2. Для случая вальцевания с фрикцией

$$N_T = 2(1 + f)KLU_1 \left(\frac{U_1}{h_0} \right)^n \sqrt{2Rh_0} (4,67 + 8,06n + 4,09n^2). \quad (2.4)$$

Действительная мощность электродвигателя привода валковой установки определяется по формуле

$$N_d = \left(\frac{N_T}{\eta} \right), \quad (2.5)$$

где η – КПД привода машины.

В работе следует принять $\eta = 0,6$, по каталогу выбрать электродвигатель и выписать его основные характеристики.

Производительность валковой установки, работающей по непрерывной технологии, определяют по формуле

$$G = 30\pi^2 Rnd^2\rho\alpha, \quad (2.6)$$

где n – частота вращения переднего вала, об/мин; d – диаметр получаемого прутка (стренга), м; ρ – плотность полимера, кг/м³; $\alpha = (0,8 \dots 0,9)$ – коэффициент использования машинного времени.

В итоге производится сравнение экспериментальных данных с расчетными и делаются выводы по полученным результатам.

3.1. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Техническая характеристика должна включать в соответствии с номенклатурным справочником следующие позиции: тип и назначение вальцов; производительность; количество валков; размер рабочих органов: длина, диаметр; рабочая поверхность валков; скорости вращения валков; фрикция; максимальный рабочий зазор между валками; механизмы регулирования зазоров между валками; тип и характеристика привода, в том числе тип электродвигателя, его мощность, скорость вращения выходного вала и тип, характеристика передачи; вид теплоносителя; температура теплоносителя; габаритные размеры; вес.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие сведения по типам и конструкциям вальцов, их конструктивные особенности, назначение, параметрические расчеты (схемы, эскизы, расчетные формулы). Раздел выполняется в процессе подготовки к лабораторной работе по рекомендуемой литературе [4], [5], [15].

2. Кинематические схемы основных узлов и механизмов машины, их назначение, конструктивные особенности, общая характеристика.

3. Измерение и расчет параметров вальцов.

4. Определение физико-механических и технологических свойств гранулята, полученного при вторичной переработке отходов пленочных полимерных материалов на валковом оборудовании.

5. Выводы по проведенным экспериментальным исследованиям.

6. Составление технической характеристики.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте классификацию валкового оборудования.

2. Опишите конструкцию вальцов применяемых при переработке отходов полимеров.

3. Опишите конструкцию отборочно-гранулирующих устройств применяемых при переработке отходов полимеров.

4. Для каких целей устанавливают предохранительную шайбу?

5. Какие конструкции аварийных устройств Вы знаете?

6. Опишите технологию изготовления валков вальцов.

7. Какие параметры вальцов варьируются в процессе переработки отходов?

8. Назовите факторы, оказывающие влияние на физико-механические свойства полученного гранулята.

9. Какие бывают модифицирующие добавки и на что они влияют?

Лабораторная работа 3

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ ЭКСТРУЗИОННЫМ МЕТОДОМ

Цель работы: ознакомление с конструкцией и принципом действия прессов одночервячных для экструзии термопластов, формующим инструментом; составление кинематической и расчетной схем, технической характеристики экструзионного оборудования; определение производительности и энергозатрат при получении длинномерных изделий из отходов термопластов.

Оборудование и материалы: лабораторная экструзионная установка для производства длинномерных изделий на базе пресса одночервячного ЧП 32 × 20, первичный гранулированный термопласт, дробленые отходы термопласта.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

По литературным источникам ознакомиться с технологическим процессом экструзии полимеров, конструкциями экструзионного оборудования и формующих головок [9, с. 17 – 79]; [10, с. 231 – 261]; [11, с. 11 – 43]; [12, с. 119 – 243]; [13, с. 113 – 159]. Изучить методики расчета производительности червячных прессов и формующего инструмента [10, с. 23 – 43]; [12, с. 119 – 140; 195 – 200]; [13, с. 123 – 132].

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. В лаборатории на рабочем месте ознакомиться с конструкцией лабораторного червячного пресса. Составить кинематическую схему; описать принцип действия, назначение, особенности работы.

2. Ознакомиться с технологическим процессом получения длинномерных изделий из отходов термопластов, получить экспериментальные образцы при различных режимах работы экструзионной установки (при варьировании частоты вращения шнека, вида термопласта и др.) по указанию преподавателя.

3. Составить эскиз червяка, определив его основные геометрические характеристики, и расчетную схему формующей головки.

4. Определить показатель текучести расплава полученного полимерного материала.

5. Определить физико-механические свойства полученных изделий (предел текучести при растяжении, относительное удлинение и предел прочности при разрыве).

6. По соответствующим зависимостям рассчитать коэффициент геометрической формы головки, производительность червячного пресса с учетом влияния формующего инструмента и перепад давления в головке, мощность привода.

7. Составить техническую характеристику лабораторной экструзионной установки для производства длинномерных изделий на базе пресса одночервячного ЧП 32 × 20.

2.1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНОГО ПРЕССА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ

Конструкция червячного пресса включает следующие основные узлы: загрузочное устройство, рабочие органы (червяк и цилиндр), привод вращения червяка, узел упорного подшипника, узел подачи термостатирующей жидкости в цилиндр.

Принципиальное устройство и работа этих узлов показаны на схеме червячного пресса (рис. 3.1).

Загрузка перерабатываемых отходов производится с помощью бункера 9, конструктивное оформление которого определяется состоянием и формой частиц перерабатываемого материала, непосредственно в загрузочное окно 10 материального цилиндра 8. Далее отходы попадают в винтовой канал вращающегося червяка 6. При транспортировке червяка в зоне загрузки отходы частично уплотняются и расплавляются, а заключенный между слоями воздух частично уходит обратно через окно 10.

Попадая в зону пластикации 5, отходы полностью переходят в расплавленное состояние.

Плавление отходов осуществляется за счет тепла, выделяющегося при собственном интенсивном деформировании от вращения шнека 6 и за счет системы термостатирования, для чего цилиндр нагревается высококипящими жидкостями, которые подаются из устройства 18 в пространство 2 между внешней стенкой материального цилиндра 8 и внутренней стенкой рубашки обогрева. Обогрев цилиндра может осуществляться индукционными или электрическими нагревателями.

Полученный расплав полимера в зоне дозирования продавливается шнеком через формующий инструмент (экструзионная головка), который соединяется с материальным цилиндром фланцевым соединением.

При продавливании расплава через формующий инструмент, вследствие большого гидравлического сопротивления головки и достаточно высокой вязкости материала, на входе в головку развивается давление до 50 МПа.

В результате этого возникает значительное осевое усилие, действующее на червяк. От червяка это усилие передается на выходной вал 12 редуктора 13, далее на упорную шайбу 15, упорный подшипник 16 и его корпус 17. Корпус подшипника болтовыми соединениями 14 неподвижно крепится на корпусе редуктора 13, где и замыкается усилие.

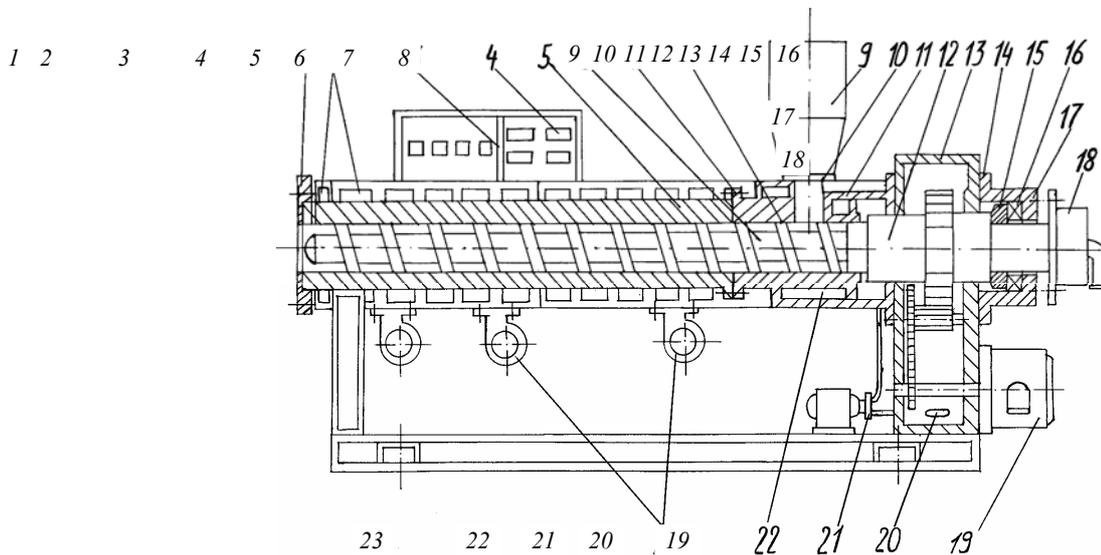


Рис. 3.1. Схема лабораторной экструзионной установки на базе прессы одночервячного ЧП 32 × 20:

1 – фланец; 2 – система каналов для обогрева цилиндра; 3 – пульт электро- и тепловой автоматики; 4 – прибор теплового контроля; 5 – зона пластикации; 6 – червяк; 7, 11, 14 – болтовые соединения; 8 – загрузочная секция цилиндра; 9 – бункер; 10 – загрузочное окно; 12 – выходной вал редуктора; 13 – редуктор; 15 – упорная шайба; 16 – упорный подшипник; 17 – корпус подшипника;

18 – устройство для подачи охлаждающей жидкости в червяк; 19 – электродвигатель; 20 – змеевик для охлаждающей воды; 21 – масляный насос; 22 – канал для циркуляции охлаждающей воды; 23 – вентиляторы

Такое же усилие действует на головку. Так как головка закреплена фланцевым соединением с корпусом машины, то это усилие передается на него и затем через резьбу на цилиндр 8, далее через болтовое соединение 11 на корпус редуктора.

Привод червяка осуществляется от электродвигателя 19 через редуктор 13.

Лабораторная экструзионная установка для производства длинномерных изделий на базе прессы одночервячного ЧП 32 × 20 оснащена ваттметром для измерения мощности расходуемой на процесс получения длинномерных изделий; терморпарами ТХК для измерения температуры в материальном цилиндре и формирующем инструменте; теристорным частотным преобразователем для задания нужной частоты вращения шнека.

2.2. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ

Технологический процесс (рис. 3.2) изготовления длинномерных изделий состоит из получения цилиндрической заготовки через кольцевую формирующую головку экструдера 2, калибрования и охлаждения трубы в камере 4. Труба 3 равномерно вытягивается специальным гусеничным механизмом 5, после чего разрезается на участки определенной длины гильотинным ножом 6 или наматывается в бухты. Рядом с машиной установлен пульт 1 для автоматического управления установкой.

Линейная скорость отвода регулируется в пределах 0,25...6 м/мин. Оформляющая головка для экструзии труб оказывает большое сопротивление прохождению расплава, вследствие чего достигается более полная пластикация и гомогенизация материала.

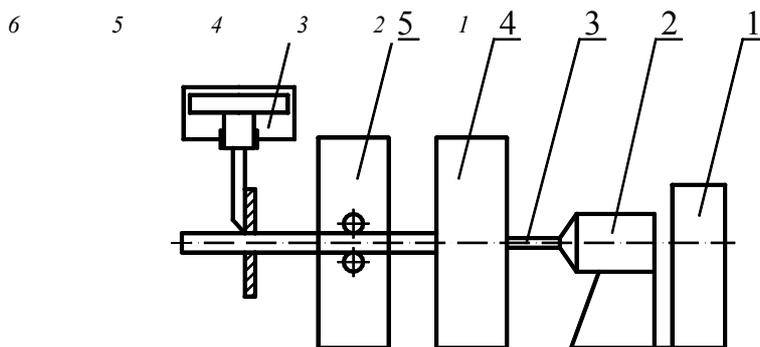
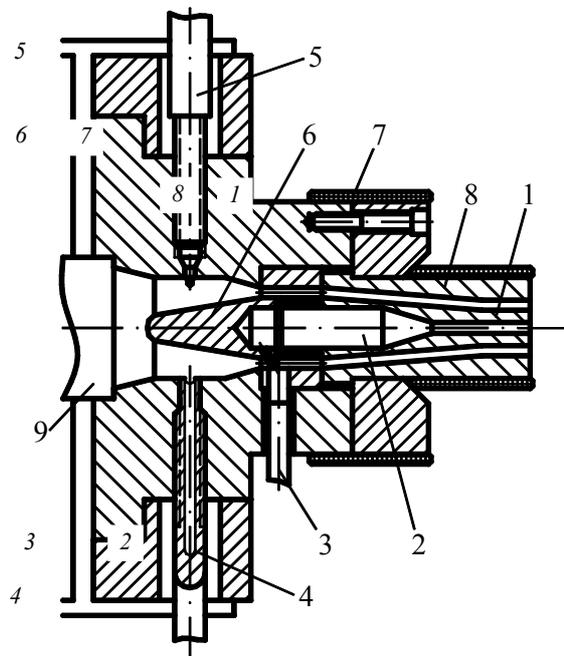


Рис. 3.2. Технологический процесс изготовления длинномерных изделий:
1 – пульт управления; 2 – экструдер; 3 – труба; 4 – камера для калибрования и охлаждения труб; 5 – механизм для вытягивания труб; 6 – гильотинный нож



9

Рис. 3.3. Оформляющая головка при экструзии труб:
 1 – дорн; 2 – внутренняя полость; 3 – трубопровод;
 4 – датчик измерения давления расплава; 5 – термопара;
 6 – торпеда; 7 – электрообогрев; 8 – мундштук; 9 – полость

Головка состоит из мундштука 8 (рис. 3.3), в котором расположен дорн 1 с торпедой 6. В дорне оформлена внутренняя полость 2, соединенная через трубопровод 3 с пневмомагистралью сжатого воздуха. Мундштук и головка оснащены хомутовым электрообогревом 7. В головке установлена термопара 5 для измерения температуры расплава и датчик 4 прибора для определения давления расплава.

Однородный пластицированный материал нагнетается шнеком через полость 9 и кольцевой зазор между мундштуком и дорном.

К правой части оформляющей головки прикрепляют специальную насадку.

Насадка (рис. 3.4) предназначена для калибровки и частичного охлаждения экструдированной трубы. Трубчатая заготовка экструдирована через кольцевой зазор 1 головки 2. Внутри заготовки, внешний конец которой закрыт пробкой, подается сжатый воздух под давлением 0,15...0,25 атм (через центральное отверстие 3 в дорне головки).

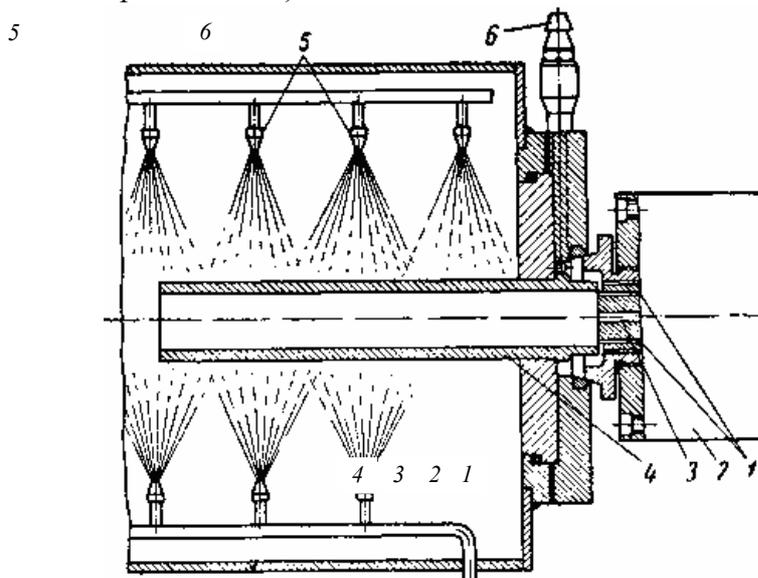


Рис. 3.4. Калибрующая насадка для экструдированных труб:
 1 – кольцевой зазор; 2 – головка экструдера; 3 – центральное отверстие в дорне головки; 4 – калибрующая насадка; 5 – форсунки; 6 – ниппель

Заготовка раздувается и прижимается к внутренним стенкам калибрующей насадки 4, охлаждаемой оросительными форсунками 5. Через ниппель 6 под давлением 0,05...0,1 атм подается воздух к передней

части насадки. Воздух охлаждает поверхностные слои заготовки и, проникая в зазор между насадкой и трубой, препятствует адгезии термопласта к металлу насадки.

В некоторых случаях насадка вакуумируется и экструдированная труба прижимается к стенкам калибрующей насадки под действием атмосферного давления воздуха. В этом случае внешний конец трубы открыт и пробкой не закрывается. При вакуумировании насадки экструдированную трубу можно разрезать на участки небольшой длины без нарушения процесса экструзии. Установка оснащена приборами для непрерывного автоматического измерения толщины трубы, которые в некоторых случаях связаны с клапаном регулирования давления сжатого воздуха (под действием которого труба прижимается к насадке). При этом регулируется линейная скорость экструзии и, таким образом, изменяется толщина трубы.

С увеличением толщины стенок трубы ее охлаждение происходит медленнее и внутренние напряжения в материале трубы снимаются более полно.

При увеличении температуры охлаждающей воды увеличивается прочность трубы в продольном сечении, но модуль эластичности уменьшается.

В процессе лабораторной работы необходимо при варьировании технологических параметров – частоты вращения шнека, температурного режима и процентного содержания отходов в исходном сырье – определить время пребывания полимерного материала в экструдере, температуру расплава полимера, физико-механические и технологические свойства полученного материала (предел текучести при растяжении, относительное удлинение и предел прочности при разрыве, показатель текучести расплава). В процессе эксперимента также определяются энергозатраты на получение длинномерных изделий при различной частоте вращения шнека и производительность установки.

2.3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Включить электрический обогрев материального цилиндра пресса одночервячного ЧП 32 × 20.
2. Включить питание лабораторной экструзионной установки.
3. В качестве исходного сырья использовать первичный полимерный материал (например, полиэтилен низкой плотности).
4. Включить электродвигатель установки и установить частоту вращения червяка $n = 30$ об/мин.
5. При достижении заданной температуры переработки полимерного материала непрерывно загрузить в бункер исходное сырье.
6. После выхода на заданный, установившийся режим переработки по ваттметру определить мощность, расходуемую на процесс получения длинномерных изделий $N_{\text{экс}}$.
7. Получить экспериментальные образцы и с помощью секундомера и весов определить производительность процесса.
8. Установить частоту вращения переднего валка $n = 50$ об/мин.
9. Выполнить действия по пунктам 5 – 8 при $n = 50$ об/мин.
10. Установить частоту вращения переднего валка $n = 70$ об/мин.
11. Выполнить действия по пунктам 5 – 8 при $n = 70$ об/мин.
12. В качестве исходного сырья использовать смесь, содержащую 85 % первичного и 15 % вторичного полимерного материала.
13. Выполнить действия по пунктам 4 – 12, используя в качестве исходного сырья смесь, содержащую 85 % первичного и 15 % вторичного полимерного материала.
14. В качестве исходного сырья использовать смесь, содержащую 70 % первичного и 30 % вторичного полимерного материала.
15. Выполнить действия по пунктам 4 – 12, используя в качестве исходного сырья смесь, содержащую 70 % первичного и 30 % вторичного полимерного материала.
16. В качестве исходного сырья использовать смесь, содержащую 50 % первичного и 50 % вторичного полимерного материала.
17. Выполнить действия по пунктам 4 – 12, используя в качестве исходного сырья смесь, содержащую 50 % первичного и 50 % вторичного полимерного материала.
18. В качестве исходного сырья использовать вторичный полимерный материал.
19. Выполнить действия по пунктам 4 – 12, используя в качестве исходного сырья вторичный полимерный материал.
20. Отключить электрический обогрев материального цилиндра пресса одночервячного ЧП 32 × 20 и питание лабораторной экструзионной установки.

21. Полученные результаты экспериментальных данных заносятся в таблицы (пример – табл. 3.1).
22. Полученный вторичный полимерный материал подвергается экспресс-контролю по определению показателя текучести расплава, предела текучести при растяжении, относительного удлинения и предела прочности при разрыве. Методика определения этих показателей дана в разделе 2.3. лабораторной работы 1.
23. Полученные результаты заносятся в таблицы и строятся графические зависимости $N_T = f(u)$, $Q = f(u)$, $I = f(u)$, σ_T и $\sigma_p = f(u)$, $\varepsilon = f(u)$ по заданию преподавателя.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЧЕРВЯЧНОГО ПРЕССА, ПЕРЕПАДА ДАВЛЕНИЯ В ГОЛОВКЕ И МОЩНОСТИ ПРИВОДА

Для расчета производительности червячного пресса студенты должны определить геометрические характеристики червяка и формующей головки и в рабочей тетради сделать эскиз червяка, проставить основные размеры и дать расчетную схему формующей головки.

К основным геометрическим размерам червяка относятся диаметр, длина нарезной части, шаг винтовой линии, глубина винтового канала в зонах загрузки и дозирования, угол наклона винтовой линии, ширина гребня нарезки, величина радиального зазора между гребнем нарезки червяка и поверхностью цилиндра.

К геометрическим характеристикам формующей головки относятся длина формующих каналов и размеры их поперечного сечения (диаметр, ширина, высота).

Объемную производительность червячных прессов с учетом влияния формующей головки определяют по соотношению

$$Q = \frac{\alpha K}{K + \beta + \gamma} n, \quad (3.1)$$

где K – коэффициент геометрической формы головки, m^3 ; n – частота вращения червяка, s^{-1} ; α , β , γ – соответственно постоянные потоков прямого, обратного и утечки, m^3 .

Значения α , β и γ в зависимости от конструкции червяка определяют по соответствующим соотношениям [10, с. 25 – 39]; [14, с. 18 – 20].

Для определения коэффициента геометрической формы головки студенты должны по выполненному эскизу разбить головку на ряд каналов простейшей формы и для каждого из каналов по соответствующим зависимостям [10, с. 50 – 58]; [14, с. 12 – 15] определить свой коэффициент k_1, k_2, \dots, k_n .

Общий коэффициент геометрической формы для всей головки определяют по соотношению

$$K = \frac{1}{\frac{1}{k_1} + \frac{1}{k_2} + \dots + \frac{1}{k_n}}. \quad (3.2)$$

Перепад давления в формующей головке $\Delta P_{\text{общ}}$ складывается из перепадов давления на отдельных участках, для которых рассчитывались коэффициенты геометрической формы,

$$\Delta P_{\text{общ}} = \sum_{i=1}^n \Delta P_i, \quad (3.3)$$

где n – число участков простейшей конфигурации.

Величину перепада давления на отдельном участке рассчитывают по соотношению

$$\Delta P_i = \frac{Q \mu_{\text{эф}i}}{K_i}, \quad (3.4)$$

где $\mu_{\text{эф}i}$ – эффективная вязкость расплава в канале простейшей формы.

Величину эффективной вязкости материала следует определять по соответствующим реологическим кривым в зависимости от скорости сдвига [15, с. 609 – 737]; [16, с. 185 – 206].

Скорости сдвига в каналах простейшей конфигурации рассчитывают по соответствующим зависимостям [10, с. 59 – 62]; [14, с. 12 – 15].

Мощность привода определяется по соотношению

$$N_{\text{пр}} = \frac{N_1 + N_2}{\eta}, \quad (3.5)$$

где N_1 – мощность, расходуемая на принудительное проталкивание массы по винтовому каналу червяка, и N_2 – мощность, затрачиваемая на срез материала в зазоре между вершиной витка нарезки и стенкой цилиндра, в зависимости от конструкции зоны дозирования рассчитывают по соответствующим зависимостям [14, с. 24 – 29]; η – коэффициент полезного действия одночервячных прессов, который при переработке термопластов составляет 0,4...0,6.

В итоге производится сравнение экспериментальных данных с расчетными и делаются выводы по полученным результатам.

3.1. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Техническая характеристика червячной машины должна включать в соответствии с номенклатурным справочником следующие позиции: диаметр червяка, отношение рабочей длины червяка к его диаметру, тип червяка, частота вращения червяка, производительность, расстояние от основания до оси червяка, обогрев цилиндра и формующей головки, мощность электродвигателя привода, габаритные размеры, масса.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие сведения по типам и конструкциям червячных машин, их конструктивные особенности, назначение, параметрические расчеты (схемы, эскизы, расчетные формулы по литературе). Раздел выполняется в процессе подготовки к лабораторной работе по рекомендуемой литературе.

2. Составление кинематической схемы лабораторной экструзионной установки для производства длинномерных изделий на базе пресса одночервячного ЧП 32 × 20.

3. Эскиз червяка и расчетную схему формующей головки с указанием основных размеров.

4. Измерение и расчет параметров лабораторной экструзионной установки.

5. Определение физико-механических и технологических свойств материала, полученного при переработке отходов термопластов на лабораторном экструзионном оборудовании.

6. Выводы по проведенным экспериментальным исследованиям.

7. Составление технической характеристики пресса одночервячного ЧП 32 × 20.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и классификация червячных машин.

2. Каковы конструктивные особенности червячных прессов для переработки отходов термопластов?

3. Какие основные рабочие зоны можно выделить по длине червяка и какие процессы в них происходят при переработке отходов термопластов?

4. Назовите основные геометрические характеристики червяка, и как они влияют на производительность червячного пресса?

5. Каковы особенности привода червячных прессов?

6. Как влияет формующий инструмент на производительность червячных прессов?

7. Какие параметры экструзионного оборудования варьируются в процессе переработки отходов?

8. Какие факторы влияют на физико-механические свойства получаемого изделия из вторичного полимерного материала?

9. Как определяется коэффициент геометрической формы формующего инструмента?

10. От каких параметров зависит мощность, затрачиваемая на процесс переработки отходов?

11. Какие трудности возникают при переработке отходов термопластов экструзионным способом?

Лабораторная работа 4

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Цель работы: ознакомление с конструкцией и принципом действия литьевых машин для переработки термопластов; составление кинематической и расчетной схем, технической характеристики литьевой машины; определение производительности и энергозатрат при получении изделий из отходов термопластов методом литья под давлением.

Оборудование и материалы: установка вертикальная литьевая, первичный гранулированный термопласт, дробленые отходы термопласта.

1. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА

По литературным источникам ознакомиться с процессом литья под давлением термопластов, конструкциями литьевых машин [12, с. 243 – 360]; [13, с. 161 – 215]; [17, с. 9 – 81]; [18, с. 229 – 243]; [19, с. 5 – 21]. Изучить методики расчета основных параметров литьевых машин [12, с. 243 – 257]; [17, с. 82 – 99].

2. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ РАБОТЫ

1. В лаборатории на рабочем месте ознакомиться с конструкцией установки вертикальной литьевой. Составить кинематическую схему; описать принцип действия, назначение, особенности работы.

2. Ознакомиться с технологическим процессом получения изделий из отходов термопластов методом литья под давлением, получить экспериментальные образцы при различных режимах работы установки вертикальной литьевой (при варьировании времени цикла литья, температурного режима, процентного содержания вторичного термопласта в первичном полимере и др.) по указанию преподавателя.

3. Определить показатель текучести расплава полученного вторичного полимерного материала, первичного полимера и смеси первичного и вторичного полимера в различных соотношениях.

4. Определить физико-механические свойства полученных изделий (предел текучести при растяжении, относительное удлинение и предел прочности при разрыве).

5. По соответствующим зависимостям определить основные параметры установки вертикальной литьевой (объем впрыска, усилие впрыска, усилие запирающего, время цикла литья, производительность).

6. Составить техническую характеристику установки вертикальной литьевой.

2.1. ОПИСАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСТАНОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЛИТЬЕВОЙ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

Установка вертикальная литьевая состоит из трех основных сборочных единиц: установки литьевой, насосной станции и шкафа электрооборудования.

Установка литьевая (рис. 4.1) имеет сварную станину 1, выполненную из листового проката, на которой жестко закреплены гидроцилиндр 2, и две вертикальные колонки 5. На колонках установлены плита нижняя 6, плита промежуточная 7, клипсы 19 и средняя плита 10 с узлом цилиндра пластикации 18, а также пружины 11. Пружины, размыкающие плиты при опускании формы, установлены в защитных колпаках 12 и 13.

На горловине пластикационного цилиндра закреплен загрузочный бункер 17 для засыпки гранул полимера. Верхняя плита 14 со штоком 16 жестко закреплена при помощи гаек 15 на колонках.

Узел цилиндра пластикации состоит из обогревательного цилиндра, нагревательной спирали в керамических бусах, асбоцементной теплоизоляционной трубы, защитного металлического кожуха 9 и самозапирающегося сопла 8. Открытие самозапирающегося сопла происходит при соприкосновении литниковой втулки формы со сферической поверхностью сопла.

Для контроля температуры в нижней части обогревательного цилиндра установлена термопара ТХК, подающая сигнал на регистрирующий и регулирующий прибор типа ТРМ1.

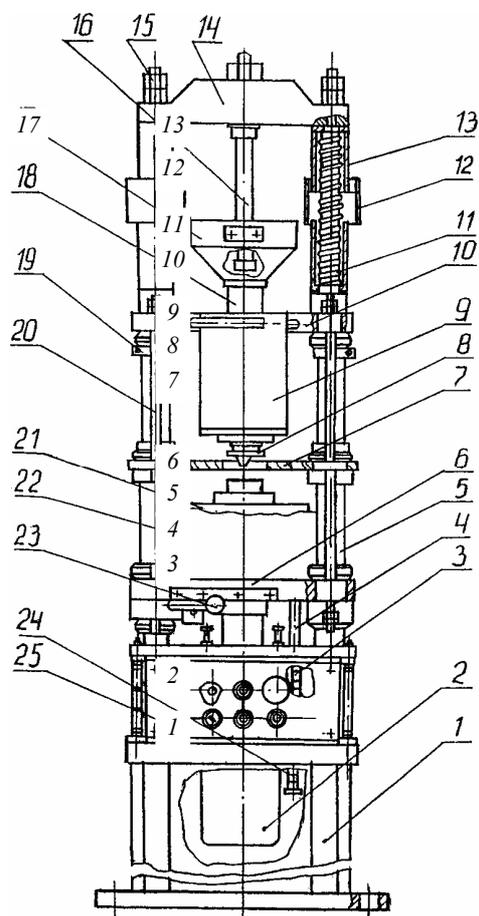


Рис 4.1. Установка вертикальная литьевая:

- 1 – станина; 2 – гидроцилиндр; 3 – верхний концевик; 4 – ограничитель;
- 5 – вертикальная колонка; 6 – нижняя плита; 7 – промежуточная плита; 8 – сопло;
- 9 – кожух; 10 – средняя плита; 11 – пружина; 12, 13 – защитные колпаки;
- 14 – верхняя плита; 15 – гайки; 16 – шток; 17 – загрузочный бункер;
- 18 – пластикационный цилиндр; 19 – клипса; 20 – штанга; 21 – литьевая форма;
- 22 – защитная шторка; 23 – рукоятка; 24 – нижний концевик; 25 – пульт управления

Литьевая форма 21 крепится к нижней и промежуточной плитам. На нижней плите установлена штанга 20 с верхним и нижним упорами, которые управляют работой установки в автоматическом режиме. При движении нижней плиты вверх нижний упор штанги воздействует на нижний концевик 24, что соответствует началу отсчета времени впрыска и выдержки под давлением. По истечении заданного времени нижняя плита начинает движение вниз и верхний упор штанги, воздействуя на верхний концевик 3, останавливает плиту на заданном расстоянии.

Штанги защиты 20 выполняют роль механического съемника пластикационного цилиндра со штока установки.

Управление движением нижней плиты осуществляется в наладочном режиме с пульта управления 25, а в полуавтоматическом режиме – от рукоятки 23, которая воздействует на микроконцевик и включает запрограммированный цикл работы установки. Защитная шторка 22 служит для предохранения оператора от травм и при открытой шторке невозможно движение нижней плиты.

2.2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ

1. Включить питание установки вертикальной литьевой.
2. Включить электрический обогрев узла цилиндра пластикации установки вертикальной литьевой.
3. В качестве исходного сырья использовать первичный полимерный материал (например, полиэтилен низкой плотности).
4. При достижении заданной температуры переработки полимерного материала непрерывно загрузить в бункер исходное сырье.
5. По достижении заданного времени плавления исходного сырья подать рабочую жидкость в гидроцилиндр для формования экспериментальных образцов.
6. Получить экспериментальные образцы, с помощью секундомера и весов определить производительность процесса.
7. В качестве исходного сырья использовать смесь, содержащую 85 % первичного и 15 % вторичного полимерного материала.

8. Выполнить действия по пунктам 4 – 7, используя в качестве исходного сырья смесь, содержащую 85 % первичного и 15 % вторичного полимерного материала.

9. В качестве исходного сырья использовать смесь, содержащую 70 % первичного и 30 % вторичного полимерного материала.

10. Выполнить действия по пунктам 4 – 7, используя в качестве исходного сырья смесь, содержащую 70 % первичного и 30 % вторичного полимерного материала.

11. В качестве исходного сырья использовать смесь, содержащую 50 % первичного и 50 % вторичного полимерного материала.

12. Выполнить действия по пунктам 4 – 7, используя в качестве исходного сырья смесь, содержащую 50 % первичного и 50 % вторичного полимерного материала.

13. В качестве исходного сырья использовать вторичный полимерный материал.

14. Выполнить действия по пунктам 4 – 7, используя в качестве исходного сырья вторичный полимерный материал.

15. Отключить электрический обогрев узла цилиндра пластикации и питание установки вертикальной литьевой.

16. Полученные результаты экспериментальных данных заносятся в таблицы (пример – табл. 4.3).

17. Полученный вторичный полимерный материал подвергается экспресс-контролю по определению показателя текучести расплава, предела текучести при растяжении, относительного удлинения и предела прочности при разрыве. Методика определения этих показателей дана в разделе 2.3 лабораторной работы 1.

18. Полученные результаты заносятся в таблицы, и строятся графические зависимости по заданию преподавателя.

3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ УСТАНОВКИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ЛИТЬЕВОЙ

Основными параметрами, необходимыми и достаточными для разработки конструкции любой литьевой машины, являются: объем впрыска за один цикл, давление литья, скорость впрыска, пластикационная производительность, площадь литья, усилие запирающего механизма, расстояние между колоннами прессовой части, максимальное и минимальное расстояние между плитами, ход подвижной плиты.

Объем впрыска за один цикл рассчитывается по формуле

$$V_o = (V_{изд}n + V_{л})k_{ут}k_{сж}, \quad (4.1)$$

где $V_{изд}$ – объем изделия, $см^3$; n – предполагаемая гнездность формы; $V_{л}$ – объем литниковой системы, $см^3$; $k_{ут}$ – коэффициент, учитывающий утечки расплава в пластикационном цилиндре, $k_{ут} = 1 \dots 1,02$; $k_{сж}$ – коэффициент, учитывающий сжатие расплава в материальном цилиндре, который определяется по формуле

$$k_{сж} = \frac{1}{1 - \chi P_{\phi}}, \quad (4.2)$$

где χ – коэффициент, учитывающий сжатие расплава в пластикационном цилиндре; P_{ϕ} – давление на входе в форму.

Из практических рекомендаций максимальные значения P_{ϕ} при изготовлении толстостенных изделий из термопластов составляют 20...40 МПа, изделий со средней толщиной стенки – 40...60 МПа, тонкостенных – 70...100 МПа.

Производительность литьевого оборудования $Q_{л}$ (кг/ч) определяется по формуле

$$Q_{л} = 3600V_o\rho/t_{ц}, \quad (4.3)$$

где ρ – плотность расплава, $кг/см^3$; $t_{ц}$ – время цикла литья, с.

Время цикла литья определяется по формуле

$$t_{ц} = t_{с} + t_{п} + t_{вп} + t_{в} + t_{охл} + t_{р}, \quad (4.4)$$

где $t_{с}$ и $t_{р}$ – время смыкания и размыкания формы, соответственно; $t_{п}$ – время подвода и отвода узла пластикации и впрыска; $t_{вп}$, $t_{в}$, $t_{охл}$ – время впрыска, выдержки под давлением и охлаждения, соответственно.

Производительность узла пластикации $Q_{\text{п}}$ (кг/ч) определяется по формуле

$$Q_{\text{п}} = 3600 \cdot V_{\text{о}} \rho / t_{\text{пл}}, \quad (4.5)$$

где $t_{\text{пл}}$ – продолжительность пластикации.

Номинальное давление литья $P_{\text{л}}$ создается гидроприводом литьевой машины, определяется в каждом конкретном случае с учетом конструкции формы, свойств материала, температуры переработки. Давление литья можно выбрать, руководствуясь табл. 4.1.

Таблица 4.1

Объем отливки, см ³	8	16	32	63	125	250	500	1000
Время впрыска, с	0,4... 0,5	0,4... 0,5	0,4... 1,2	0,5... 1,3	0,8... 1,5	0,8... 1,8	1...2	1,5... 2,5
Давление литья, МПа	45... 90	45... 90	50... 120	50... 120	60... 140	60... 140	60... 180	60... 180

Таблица 4.2

Объем отливки, см ³	8	16	32	63	125	250	500	1000
Максимально допустимая площадь литья, см ²	35	60	100	200	350	600	1000	1800

Площадь литья называют проекцию поверхности детали на плоскость, перпендикулярную направляющим колоннам, определяется исключительно ассортиментом деталей данного веса. Анализ параметров литьевых машин позволяет установить соотношение применяемых площадей литья для машин с различными номинальными объемами отливок. В табл. 4.2 приведены ориентировочные значения площадей литья для деталей, изготавливаемых на отечественных заводах.

Параметрами, связанными с габаритами формуемого изделия, является номинальное усилие запираения формы $P_{\text{з}}$, ход подвижной плиты, минимальная и максимальная высоты устанавливаемой формы и расстояние между колоннами в свету по вертикали и горизонтали.

Необходимое усилие запираения (смыкания) формы может быть определено по формуле

$$P_{\text{з}} = P_{\text{ср}} S_{\text{л}} N_{\text{г}} k_{\text{л}} k_{\text{н}}, \quad (4.6)$$

где $P_{\text{ср}}$ – среднее давление в полости формы; $S_{\text{л}}$ – максимально допустимая площадь отливки; $N_{\text{г}}$ – гнездность формы; $k_{\text{л}}$ – коэффициент, учитывающий площадь (в плане) литниковой системы ($k_{\text{л}} = 1,1...1,2$); $k_{\text{н}}$ – коэффициент, учитывающий потери усилия смыкания из-за потерь на трение в уплотнениях гидроцилиндра, в механизмах прессовой части и из-за неточности изготовления плоскостей смыкания полуформ ($k_{\text{н}} = 1,2$). Значение $P_{\text{ср}}$ для термопластов обычно бывает равным 40...80 МПа.

Наибольшая высота оформляющих плит литьевой формы

$$H_{\text{ф}} = \frac{H_{\text{изд}}}{k_{\text{и}}}, \quad (4.7)$$

где $H_{\text{изд}}$ – высота изделия; $k_{\text{и}}$ – коэффициент, учитывающий толщину стенок инструмента ($k_{\text{и}} = 0,4...0,6$).

Ход подвижной плиты определяется по формуле

$$L_{\text{п}} = k_{\text{ф}} H_{\text{изд}}, \quad (4.8)$$

где $k_{\text{ф}}$ – коэффициент, зависящий от объема впрыска V_0 ($k_{\text{ф}} = 1,8 \dots 2,15$).

Наибольшее расстояние между плитами определяется по формуле

$$L_{\text{пн}} = L_{\text{п}} + L_{\text{ф}}, \quad (4.9)$$

где $L_{\text{ф}}$ – высота формы.

3.1. СОСТАВЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ

Рассчитав необходимые параметры и сделав соответствующие замеры, студенты должны составить техническую характеристику установки вертикальной литьевой, включающую в себя следующие позиции: объем отливки, диаметр поршня, инжекционное давление, расстояние между колоннами, высота формы, усилие запирания формы, мощность обогревателей, мощность электродвигателя, габаритные размеры, масса машины.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Краткие сведения по типам и конструкциям литьевых машин, их конструктивные особенности, назначение, параметрические расчеты (схемы, эскизы, расчетные формулы по литературе). Раздел выполняется в процессе подготовки к лабораторной работе по рекомендуемой литературе.
2. Составление кинематической схемы установки вертикальной литьевой.
3. Измерение и расчет параметров установки вертикальной литьевой.
4. Определение физико-механических и технологических свойств материала, полученного при переработке отходов термопластов на установке вертикальной литьевой.
5. Выводы по проведенным экспериментальным исследованиям.
6. Составление технической характеристики установки вертикальной литьевой.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение и классификация литьевых машин.
2. Каковы конструктивные особенности литьевых машин для переработки отходов термопластов?
3. Каковы особенности привода литьевых машин?
4. Принцип действия установки вертикальной литьевой.
5. Какие параметры литьевого оборудования варьируются в процессе переработки отходов?
6. Назовите факторы, оказывающие влияние на физико-механические свойства получаемого материала.
7. От каких параметров зависит мощность, затрачиваемая на процесс переработки отходов?

ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОХРАНЕ ТРУДА

1. К работе на оборудовании допускаются студенты не моложе 18 лет, получившие инструктаж по технике безопасности, прошедшие обучение безопасным приемам работы на нем.
2. При пользовании оборудованием руководствоваться соответствующими правилами техники безопасности на рабочем месте.
3. К работе приступать только с разрешения преподавателя.
4. Перед началом работы студент обязан проверить исправное состояние оборудования, ограждений, предохранительных устройств и механизмов, нормальное освещение помещения и рабочих мест, работу вентиляционных систем, энерго- и водоснабжения, обеспечение защитными средствами, спецодеждой, осмотреть чистоту рабочего места; волосы убрать под головной убор, привести в порядок одежду, убрать посторонние предметы, которые могут привести к поломке оборудования или к несчастному случаю, проверить работу машины на холостом ходу. При неисправности оборудования отключить машину и сообщить руководителю.
5. Студент обязан знать и строго соблюдать режимы и порядок работы, заданный технологическим регламентом, выполнять только порученные работы, не допускать посторонних лиц.
6. Во время работы категорически запрещается: класть руки и облокачиваться на вращающиеся части машин, прикасаться к режущим поверхностям; поправлять и подталкивать руками материал во вращающиеся, режущие и смыкающиеся части машин; передавать инструмент через режущие и вращающиеся части машин; обтирать и чистить машину на ходу; оставлять включенную машину без присмотра.

7. При работе на машинах с вращающимися и подвижными частями нужно соблюдать особую осторожность во избежание травм рук; подрезку полимерной композиции производить ниже средней линии валка; не опираться свободной рукой о поверхности валков, стрелки и станины; при аварийной ситуации следует немедленно ударить по штанге аварийного останова.

8. Лица, не выполняющие требования безопасности, изложенные в инструкциях по технике безопасности, в зависимости от характера нарушений несут ответственность в дисциплинарном или судебном порядке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тимонин, А.С. Основы конструирования и расчета химико-техно-логического и природоохранного оборудования : справочник / А.С. Тимонин. – Калуга : Изд-во Н. Бочкаревой, 2002. – Т. 2. – 1085 с.
2. Голубев, Б.А. Типовые конструкции механизмов в химическом машиностроении : справочное пособие / Б.А. Голубев, Б.А. Ершов. – М. : Машиностроение, 1966. – 162 с.
3. Бекин, Н.Г. Оборудование и основы проектирования заводов резиновой промышленности : учебное пособие для вузов / Н.Г. Бекин, Н.Д. Захаров, Г.К. Пеунков [и др.]. – Л. : Химия, 1985. – 504 с.
4. Лукач, Ю.Е. Валковые машины для переработки пластмасс и резиновых смесей / Ю.Е. Лукач, Д.Д. Рябинин, Б.Н. Метлов. – М., 1967. – 296 с.
5. Проектирование и расчет валковых машин для полимерных материалов : учебное пособие / А.С. Клинков, В.И. Кочетов, М.В. Соколов [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 128 с.
6. Вторичное использование полимерных материалов / под ред. Е.Г. Любешкиной. – М., 1985. – 192 с.
7. Клинков, А.С. Утилизация и вторичная переработка полимерных материалов : учебное пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, М.В. Соколов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 80 с.
8. Смиренный, И.Н. Другая жизнь упаковки : монография / И.Н. Смиренный, П.С. Беляев, А.С. Клинков, О.В. Ефремов. – Тамбов : Першина, 2005. – 178 с.
9. Шенкель, Г. Шнековые прессы для пластмасс / Г. Шенкель. – Л., 1962. – 467 с.
10. Рябинин, Д.Д. Червячные машины для переработки пластических масс и резиновых смесей / Д.Д. Рябинин, Ю.Е. Лукач. – М., 1965. – 363 с.
11. Каплун, Я.Б. Формующее оборудование экструдеров / Я.Б. Каплун, В.С. Ким. – М., 1969. – 159 с.
12. Техника переработки пластмасс / под ред. Н.И. Басова. – М., 1985. – 528 с.
13. Оборудование для переработки пластмасс : справочное пособие / под ред. В.К. Завгороднего. – М., 1976. – 408 с.
14. Основы проектирования экструзионных машин предприятий полимерных материалов : учебное пособие / П.С. Беляев, А.С. Клинков, О.Г. Маликов [и др.]. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 144 с.
15. Бернхардт, Э. Переработка термопластичных материалов / Э. Бернхардт. – М., 1962. – 747 с.
16. Автоматизированное проектирование и расчет шнековых машин : монография / М.В. Соколов, А.С. Клинков, О.В. Ефремов [и др.]. – М., 2004. – 248 с.
17. Завгородний, В.К. Литьевые машины для термопластов и реактопластов / В.К. Завгородний, Э.Л. Калинин, Е.И. Марам. – М., 1968. – 374 с.
18. Басов, Н.И. Расчет и конструирование оборудования для производства и переработки полимерных материалов / Н.И. Басов, Ю.В. Казанков, В.А. Любартович. – М., 1986. – 488 с.
19. Гурвич, С.Г. Расчет и конструирование машин для переработки пластических материалов / С.Г. Гурвич, Г.А. Ильяшенко, Ш.Е. Мочман. – М., 1970. – 295 с.

Содержание

Лабораторная работа 1. ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ДРОБЛЕНИЯ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ	3
Лабораторная работа 2. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ВТОРИЧНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ТЕРМОПЛАСТОВ НА ВАЛЬЦАХ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ	14
Лабораторная работа 3. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ДЛИННОМЕРНЫХ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ ЭКСТРУЗИОННЫМ МЕТОДОМ	25
Лабораторная работа 4. ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ОТХОДОВ ТЕРМОПЛАСТОВ МЕТОДОМ ЛИТЬЯ ПОД ДАВЛЕНИЕМ	36
Общие указания по охране труда	45
Список использованных источников	46

Таблица 2.1

Величина фрикции $f = 1:1,2$

Величина минимального зазора между валками $2h_0 = 1$ мм

Диаметр фильеры $d_\phi = 4$ мм

Нижнее отборочно-гранулирующее устройство

Характеристики	I_n , А	$N_{т\ экс}$, кВт	$N_{т\ рас}$, кВт	$F_{р\ экс}$, Н	$F_{р\ рас}$, Н	$G_{экс}$, кг/ч	$G_{расч}$, кг/ч	I , г/10 мин	σ_t , МПа	σ_p , МПа	ε , %
$u = 15$ об/мин											
$u = 20$ об/мин											
$u = 25$ об/мин											

При использовании шнекового отборочно-гранулирующего устройства в таблице также указываются частоты вращения шнека.

Графические зависимости $N_t = f(u)$, $G = f(u)$, $F_p = f(u)$, $I = f(u)$, σ_t и $\sigma_p = f(u)$, $\varepsilon = f(u)$ строятся для различных значений фрикции, величины минимального зазора между валками, диаметра фильеры, вида отборочно-гранулирующего устройства по заданию преподавателя.

Таблица 3.1

Частота вращения червяка $n = 30$ об/мин

Характеристики	$N_{экс}$, кВт	$N_{расч}$, кВт	$Q_{экс}$, кг/час	$Q_{расч}$, кг/час	$\Delta P_{общ}$, МПа	I , г/10 мин	σ_t , МПа	σ_p , МПа	ε , %
Первичный ПМ									
85...15 % ПМ									
70...30 % ПМ									
50...50 % ПМ									
Вторичный ПМ									

Точно такая же таблица составляется при частотах вращения червяка $n = 50$ об/мин и $n = 70$ об/мин.

Графические зависимости $N = f(n)$, $Q = f(n)$, $I = f(n)$, σ_t и $\sigma_p = f(n)$, $\varepsilon = f(n)$ строятся при использовании в качестве исходного сырья композиции, имеющей различное процентное содержание первичного и вторичного полимерного материала по указанию преподавателя.

Таблица 4.3

Характеристики	$Q_{л\text{ экс}}$, кг/ч	$Q_{л\text{ расч}}$, кг/ч	V_{0_2} , см ³	$t_{ч}$, с	$P_{общ}$, МПа	I , г/10 мин	σ_T , МПа	σ_p , МПа	ϵ , %
Исходное сырье – первичный ПМ									
Исходное сырье – 85 % первичного и 15 % вторичного ПМ									
Исходное сырье – 70 % первичного и 30 % вторичного ПМ									
Исходное сырье – 50 % первичного и 50 % вторичного ПМ									
Исходное сырье – вторичный ПМ									

Графические зависимости основных технологических и физико-механических показателей получаемых образцов от процентного содержания в исходном сырье вторичного полимерного материала строятся по указанию преподавателя.