ДЕТАЛИ МАШИН И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



♦Издательство ГОУ ВПО ТГТУ♦

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет»

ДЕТАЛИ МАШИН И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методические указания для студентов дневной формы обучения по направлению 150100



Тамбов Издательство ГОУ ВПО ТГТУ 2010 УДК 621.81:001.895(076.5) ББК К44я73-5+Л719.96:К7я73-5+Ж60я73-5 Д38

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Рецензент Доктор технических наук, профессор ГОУ ВПО ТГТУ $C.И.\ {\it Лазарев}$

Составители:

Г.С. Баронин, П.М. Бажин, Д.Е. Кобзев, Д.О. Завражин

ДЗ8 Детали машин и новые технологии : методические указания / сост. : Г.С. Баронин, П.М. Бажин, Д.Е. Кобзев, Д.О. Завражин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. – 32 с. – 50 экз.

Представлены общие требования к выполнению лабораторных работ по изучению оптимальных параметров твёрдофазной технологии переработки полимеров и композитов, процессов и оборудования для получения нанокомпозитов.

Предназначены для студентов дневной формы обучения по направлению 150100, а также магистрантов, аспирантов, докторантов.

УДК 621.81:001.895(076.5) ББК К44я73-5+Л719.96:К7я73-5+Ж60я73-5

© Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тамбовский государственный технический университет» (ГОУ ВПО ТГТУ), 2010

Учебное издание

ДЕТАЛИ МАШИН И НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Методические указания

Составители:

БАРОНИН Геннадий Сергеевич, БАЖИН Павел Михайлович, КОБЗЕВ Дмитрий Евгеньевич, ЗАВРАЖИН Дмитрий Олегович

Редактор И.В. Калистратова Инженер по компьютерному макетированию И.В. Евсеева

Подписано в печать 17.11.2010. Формат 60×84/16. 1,86 усл. печ. л. Тираж 50 экз. Заказ № 568

Издательско-полиграфический центр ГОУ ВПО ТГТУ 392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

введение.

ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЁТА

При выполнении лабораторных работ необходимо оформить отчёт, содержащий следующие разделы.

- 1. Название и цель работы.
- 2. Установки, приборы и материалы.
- 3. Методика проведения работы.
- 4. Результаты измерения, их обработка и наглядное представление в виде таблиц или графиков.
 - 5. Выводы.

Название и цель работы указаны в описании лабораторных работ.

Установки, приборы и материалы следует описать более подробно, чем это сделано в лабораторных работах, так как конкретные виды приборов, инструментов и материалов могут изменяться. Пункт «Методика проведения работы» должен содержать краткое описание метода, который используется для изучения того или иного объекта исследования, схему установки и порядок проведения работы.

Результаты измерений являются первичными данными и представляют особую ценность. Следует твёрдо запомнить, что первичные данные не должны исправляться, их необходимо фиксировать в первоначальном виде, потому что не всегда можно воспроизвести условия эксперимента заново. Если возникли сомнения в правильности эксперимента, его следует повторить и получить новые данные, но не исправлять старые результаты. Протокол измерений должен быть в отчёте.

Обработка результатов измерений может быть разнообразной в зависимости от цели работы. Существуют стандартные методы

анализа и статистической обработки результатов наблюдений [2]. Напомним некоторые правила. В частности для каждого опыта с определённым числом повторений определяется среднее арифметическое значение:

$$y_j = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n y_{ju} ,$$

где n — число повторений опытов, u — номер опыта, y_{ju} — значение исследуемого параметра в u-м опыте.

По данным измерений определяется дисперсия равная:

$$S_j^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{u=1}^n (y_{ju} - y_j)^2.$$

Ошибка опыта определяется как корень квадратный из дисперсии опыта:

$$Sj = \sqrt{\frac{1}{n-1}} \sum_{u=1}^{n} (y_{ju} - y_j)^2.$$

Количество опытов выбирается таким образом, чтобы ошибка не превышала пятипроцентного уровня значимости.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТВЁРДОФАЗНОЙ ПЛУНЖЕРНОЙ ЭКСТРУЗИИ ПОЛИМЕРОВ НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ УТС 101-5

Цель работы: определение основных технологических параметров твёрдофазной плунжерной экструзии термопластов.

Лабораторная установка, приборы и принадлежности: лабораторная установка на базе универсальной испытательной машины УТС 101-5 (рис. 1.1); испытательная ячейка типа капиллярного вискозиметра (рис. 1.2); набор сменных фильер для испытательной ячейки; потенциометр ПП-63; термопара; образцы полимера.

Методические указания

Опыты по твёрдофазной экструзии ($T\Phi$ Э) полимерных материалов при температурах ниже $T_{\rm c}$ или $T_{\rm nn}$ проводятся на лабораторной установке с испытательной ячейкой типа капиллярного вискозиметра

(рис. 1.1 - 1.2) с загрузочной камерой диаметром 5 мм и набором сменных фильер с различными геометрическими размерами капилляра (табл. 1.1).

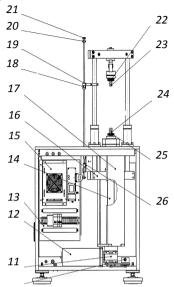
Измерялось давление, необходимое для твёрдофазной экструзии исследуемых материалов в зависимости от состава, температуры и степени деформации образца. За давление формования P_{ϕ} принимали величину удельного осевого давления, при котором имело место непрерывное выдавливание материала заготовки из капилляра.

Мерой деформируемости при твёрдофазной экструзии является экструзионное отношение $\lambda_{\text{экс}}$ (степень обжатия), которое равно частному от деления площади поперечного сечения загрузочной камеры на площадь поперечного сечения капилляра [1].

Заданная температура в испытательной ячейке поддерживается электронагревателем сопротивления с помощью системы автоматического регулирования и контролируется термопарой, соединённой с потенциометром ПП-63.

В качестве заготовок используются прутки из термопластов диаметром 5 мм и длиной 15 м. Скорость перемещения плунжера при выдавливании составляет 0,001 м/с. Давление формования

рассчитывается как среднее арифметическое данных испытаний пяти образиов заготовом со средней квадратичной ошибкой не более 5%



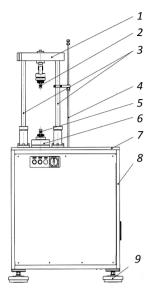


Рис. 1.1. Модуль силозадающий машины «УТС 101-5»:

1 – траверса верхняя; 2, 5 – палец; 3 – колонны; 4 – штанга;

- 6 датчик силоизмерительный; 7 плита основания; 8 основание;
- 9 виброопора; 10 преобразователь угловых перемещений; 11 редуктор;
- 12 двигатель; 13 панель электрическая; 14 винт ходовой; 15 электропривод; 16 траверса нижняя; 17 м...анизм нагружения;
- 18 ограничитель хода «вниз»; 19 поводок; 20 ограничитель хода «вверх»; 21 гайка; 22 контргайка; 23 оправка верхняя; 24 оправка нижняя;

25 - контргайка; 26 - блок конечных выключателей

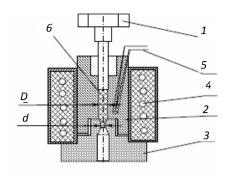


Рис. 1.2. Испытательная ячейка для твёрдофазной плунжерной экструзии термопластов [1]:

1 – пуансон; 2 – матрица; 3 – фильера; 4 – нагреватель;

5 – термопара; 6 – заготовка термопласта

1.1. Геометрические параметры капилляров, используемых при твёрдофазной экструзии на машине «УТС-101-5» (рис. 1.1–1.2)

№ фильер	Диаметр капилляра $d \cdot 10^3$, м	$\lambda_{_{9KC}} = \frac{\underline{\Pi}^2}{d^2}$	$ln\lambda_{_{ m 9KC}}$	Диаметр капилляра $l \cdot 10^3$, м	Угол входа α, град
1	3,80	1,73	0,5474	7,2	90
2	3,20	2,44	0,8910	7,2	90
3	3,10	2,60	0,9545	7,2	90
4	2,95	2,87	1,0531	7,2	90
5	2,85	3,08	1,1237	7,2	90
6	2,70	3,43	1,2311	7,2	90
7	2,45	4,17	1,4262	7,2	90
8	3,75	1,78	0,5759	9,3	90
9	3,75	1,78	0,5759	6,2	90
10	3,75	1,78	0,5759	5,0	90
11	3,54	2,00	0,6930	5,0	90
12	3,19	2,45	0,8963	5,0	90
13	3,00	2,78	1,0224	5,0	90
14	2,74	3,34	1,2061	5,0	90

15	2,50	4,00	1,3866	5,0	90
16	3,75	1,78	0,5766	4,2	90
17	3,33	2,26	0,8114	7,2	90
18	3,25	2,37	0,8618	7,2	90
19	2,20	5,17	1,6410	7,2	90
20	1,75	8,16	2,0969	7,2	90
21	2,25	4,94	1,5955	7,2	90

Опыты по твёрдофазной экструзии полимерных материалов при температурах $T_{293}-T_{\rm c}(T_{\rm пл})$ в интервале скоростей 0,001 ... 0,2 м/мин проводятся на машине «УТС-101-5». Снимаются диаграммы зависимости усилия формования $F_{\rm \varphi}$ в зависимости от хода подвижной траверсы h машины при помощи самопишущего прибора, установленного на машине. На рис. 1.3 показана типичная зависимость $F_{\rm \varphi}$ от h при прессовом выдавливании материала через капилляр.

Необходимое давление формования P_{ϕ} определяется делением усилия формования F_{ϕ} на площадь поперечного сечения заготовки. Каждая экспериментальная точка рассчитывается по данным испытания пяти образцов-заготовок со средней квадратичной опибкой менее 5%.

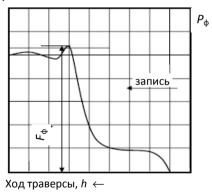


Рис. 1.3. Типичная диаграмма, полученная

при твёрдофазной экструзии полимера на машине «УТС 101-5»

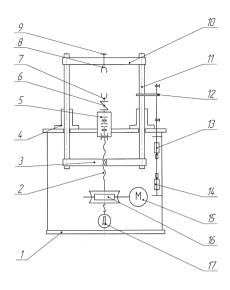


Рис. 1.4. Схема кинематическая машины «УТС 101-5»:

1 – основание; 2 – винт ходовой; 3 – траверса нижняя; 4 – стакан;

5 – подшипниковый узел; 6 – датчик силоизмерительный; 7 – захват нижний;

8 – захват верхний; 9 – оправка; 10 – траверса верхняя;

11 – колонна; 12 – поводок; 13 – выключатель верхний; 14 – выключатель нижний; 15 – двигатель; 16 – редуктор; 17 – датчик перемещения

После определения необходимого давления твёрдофазной экструзии P_{ϕ} на лабораторной установке (рис. 1.1), строятся графические зависимости P_{ϕ} от истинной (логарифмической) деформации полимера при различных температурах от T_{293} до $T_{\rm c}$ ($T_{\rm пл}$) [1; 14].

На рис. 1.5 и 1.6 показаны типичные зависимости $P_{\phi} - f(\ln \lambda_{\text{экс}})$ на примере твёрдофазной экструзии системы полисульфон + углеродный наноматериал (ПСФ + 1,0 м.ч. УНМ) [1; 3].

Как показали результаты работы [3], указанные зависимости хорошо описываются уравнениями вида:

$$P_{\Phi} = P_{o} \exp n \ln \lambda_{skc}; \tag{1.1}$$

$$\ln P_{\phi} = \ln P_{o} + n \ln \lambda_{\text{MC}}. \tag{1.2}$$

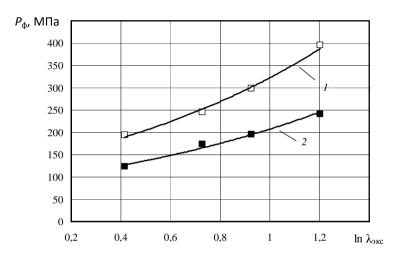


Рис. 1.5. Зависимость изменения давления ТФЭ

для системы $\Pi C\Phi$ + 1,0 м.ч. УНМ от $ln\lambda_{\scriptscriptstyle DKC}$:

$$1 - T_{\text{9KC}} = 298 \text{ K}; \ 2 - T_{\text{9KC}} = 368 \text{ K}$$

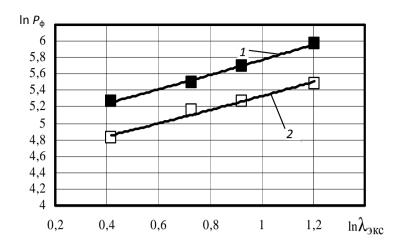


Рис. 1.6 Зависимость изменения ln давления ТФЭ

для системы $\Pi C\Phi + 1$ м. ч. УНМ от $\ln \lambda_{\rm sc}$:

$$1 - T_{\text{HC}} = 368 \text{ K}; \ 2 - T_{\text{HC}} = 461 \text{ K}$$

Порядок выполнения работы

- 1. С помощью лаборанта ознакомиться с устройством и порядком работы установки УТС 101-5 и программно-техническим комплексом для проведения твёрдофазной экструзии полимеров.
- 2. По рекомендации преподавателя выбрать полимер и приготовить необходимое количество цилиндрических образцов диаметром
- 5 мм и длиной 15 мм с конусом при вершине $\alpha = 90^{\circ}$.
- 3. Работа по твёрдофазной экструзии на установке УТС 101-5 проводится с различными фильерами и температурами в интервале T_{293} $T_{\rm c}$ _(пл). В ходе испытаний замеряется необходимое давление экструзии $P_{\rm \varphi}$ (рис. 1.3) при определённых $T_{\rm экc}$ и $\lambda_{\rm экc}$ в соответствии с методическими указаниями к работе. Каждый образец перед выдавливанием термостатируется в ячейке (рис. 1.2) в течение 20 мин.

После выдавливания образцов фиксируется качество поверхности экструдатов и критические значения $T_{\rm экс}$ и $\lambda_{\rm экc}$, при которых экструдаты получаются разрушенными. Для получения одной экспериментальной точки используются 4–5 образцов. Результаты измерений и качество экструдатов заносятся в протокол измерений.

- 4. Настройка программного обеспечения на персональном компьютере (ПК).
 - 4.1. Включаем ПК и испытательную машину УТС 101-5.
 - 4.2. Запускаем программу «Испытание пластмасс v.5.07»
- 4.3. В появившемся окне в правом углу нажимаем «Сервис Новая серия» или используем сочетание клавиш Ctrl+N (рис. 1.7).

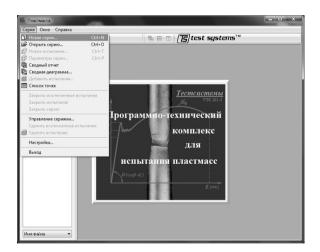


Рис. 1.7. Программно-технический комплекс для испытательной машины УТС 101-5

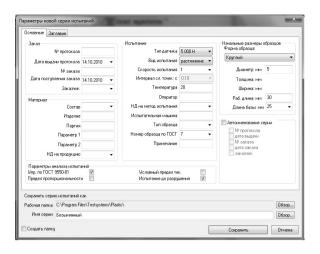


Рис. 1.8. Параметры новой серии испытаний процесса твёрдофазной экструзии

- 4.4. В появившемся окне выбираем вид испытания и устанавливаем необходимые данные (выбираем форму и размеры образца, скорость испытания), также указываем рабочую папку, где будут сохраняться результаты и задаём имя серии испытаний (рис. 1.8).
 - 4.5. Нажимаем Сохранить.
- 4.6. Для приёма данных с установки необходимо нажать Cepus Hosoe испытание (Ctrl+N).
- 5. Настройка испытательной машины УТС 101-5 и проведение испытаний.
- 5.1. В меню устанавливаем аналогичные настройки как и на ПК. (Вид испытания сжатие образца, форма образца цилиндр, высота образца 15 мм, начальный диаметр образца 5 мм, окончание испытания разрушение образца, возврат траверсы автоматический,

рабочая скорость -50 мм/мин, предварительная скорость -20 мм/мин, вид графика в испытании - нагрузка = f(перемещение).

- 5.2. Устанавливаем ячейку для ТФЭ на нижнее основание траверсы.
- 5.3. Загружаем образец в ячейку.
- 5.4. Устанавливаем пуансон в ячейку.
- 5.5. Проводим процесс термостатирования образца в течение 20 мин.
- 5.6. Подводим верхнюю траверсу под размер ячейки с выступающим пуансоном.
- 5.7. Обнуляем датчик силы и значение перемещения траверсы в меню установки.
 - 5.8. Нажимаем клавишу Тест.
- 5.9. Во время испытания на экране компьютера будет отображаться кривая зависимости напряжения от перемещения (рис. 1.3). Полученные результаты занести в протокол измерений.
- 6. После проведения испытания образец необходимо извлечь из фильеры и провести испытания ТФЭ со следующим образцом.
- 7. Построить графические зависимости $P_{\phi} = f(\ln \lambda_{\text{экс}})$ и $\ln P_{\phi} = f(\ln \lambda_{\text{экс}})$ для всех значений $T_{\text{экс}}$ и $\lambda_{\text{экс}}$ по примеру рис. 1.5 и 1.6.

Содержание отчёта

- 1. Название и цель работы.
- 2. Схемы установки УТС 101-5 и кинематической схемы машины.
- 3. Протокол измерений.
- 4. Окна программно-технического комплекса испытания образцов и параметров ТФЭ (рис. 1.7 и 1.8).

- 5. Графики зависимости P = f (перемещение); $P_{\phi} = f(\ln \lambda_{3KC})$; $P_{\phi} = f(T_{3KC})$; $\ln P_{\phi} = f(\ln \lambda_{3KC})$.
 - 6. Анализ полученных экспериментальных данных.
 - 7. Выводы.

Контрольные вопросы

- 1. Назовите основные технологические параметры процесса $T\Phi \mathfrak{I}$ полимеров и композитов.
- 2. Как определяется логарифмическая степень деформации полимера $\ln \lambda_{\text{MC}}$ в условиях $T\Phi \Im$?
 - 3. Почему такая деформация называется истинной деформацией?
- 4. Как определяется предельная (критическая) степень деформации в случае ТФЭ?
 - 5. Назовите основные узлы испытательной машины УТС 101-5. Литература: 1-4.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ПЛАСТИЧНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ МАШИНЕ УТС 101-5

Цель работы: определение пределов текучести, прочности и предельной деформации полимеров и композитов, полученных методами твёрдофазной технологии.

Лабораторная установка, приборы и принадлежности: лабораторная установка на базе универсальной испытательной машины УТС 101-5 (рис. 2.1); термошкаф; приспособление «вилка», образцы полимера.

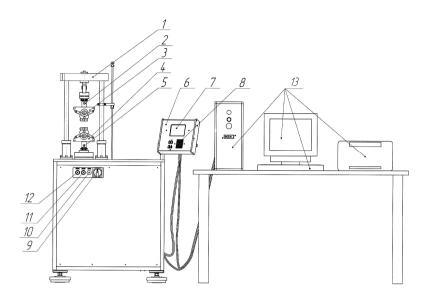


Рис. 2.1 Общий вид машины «УТС 101-5»:

1 — модуль силозадающий; 2, 5 — пальцы $\emptyset 8$ мм; 3, 4 — захваты;

6 – пульт оператора; 7 – дисплей; 8 – клавиатура; 9 – выключатель СЕТЬ;

10 – лампочка СЕТЬ; 11 – кнопка ПУСК; 12 – кнопка СТОП;

13 – программно-технический комплекс

Методические указания

Экспериментальные данные по изучению физико-механических свойств полимерных материалов после твёрдофазной экструзии свидетельствуют о существенном увеличении прочностных показателей материалов [1]. При этом отмечен анизотропный характер упрочнения. В случае твёрдофазной экструзии прочность материала

возрастает в направлении деформирования и почти не изменяется в поперечном. Очевидно, это явление связано с интенсивным развитием ориентационных процессов при пластическом деформировании полимера в поле механических сил, что подтверждается данными рентгеноструктурного анализа и исследованиями ориентационных явлений экструдатов методами построения диаграмм изометрического нагрева и кривых усадки при отжиге [3]. Не меньшую роль имеют и структурные превращения, протекающие в полимерах при пластическом течении в условиях высокого давления [1].

Анализ полученных экспериментальных данных показал, что предел текучести $\sigma_{\scriptscriptstyle T}$ в направлении ориентации у образцов, полученных выдавливанием при $T < T_{\rm c}$, возрастает незначительно (на 10 ... 20%) по сравнению с исходными образцами, в то же время разрушающее напряжение при растяжении $\sigma_{\rm p}$ и срезе $\tau_{\rm c}$ полимеров, прошедших твёрдофазную экструзию, возрастает в 2 – 2,5 раза [1].

Особенно резкий эффект упрочнения удалось обнаружить при определении ударной вязкости материалов на основе ПВХ, полученных прессовым выдавливанием при $T < T_{\rm c}$. Ударная вязкость с надрезом по Динстату образцов, вырезанных из экструдатов вдоль ориентации, увеличивается в 10-30 раз по сравнению с исходными образцами. Ударная вязкость образцов, вырезанных в направлении, перпендикулярном оси ориентации, практически не изменяется по сравнению с исходными, что отчётливо свидетельствует о решающем влиянии ориентационных процессов на физико-механические свойства изделий и материалов, полученных при $T < T_{\rm c}$.

Изменение прочности полимера в условиях твёрдофазной экструзии можно объяснить с позиций развиваемых представлений о механизме пластической деформации в условиях высокого давления, изложенных в [1]. Прочность аморфного полимера в значительной мере определяется наличием в нём различного рода дефектов (микротрещин, микропор и т.п.). Присутствие большого количества микропор в исходных литых образцах полимера и их «залечивание» при твёрдофазной экструзии, вероятно, объясняет характер изменения параметров $\sigma_{\rm p}$, $\tau_{\rm c}$ при различных $T_{\rm a}$. Эффективность залечивания дефектов увеличивается с ростом давления [1], поэтому уменьшении T_{3KC} , которое сопровождается повышением необходимого выдавливания, прочностные давления показатели полимера увеличиваются. Таким образом, сдвиговое деформирование полимера при наложении гидростатического давления в условиях твёрдофазной экструзии сопровождается повышением прочности материала за счёт снижения концентрации микротрещин в объёме полимера, а также за счет уменьшения дефектности структуры деформированных образцов

в сравнении с обычным упрочнением материала в условиях ориентационной вытяжки [3].

В отличие от стеклообразных полимеров, для кристаллизующихся полимерных сплавов максимальные прочностные показатели достигаются при пластическом деформировании в режиме твёрдофазной

экструзии в области предплавления, т.е. в температурном интервале T_1 — $T_{\rm пл}$, где создаётся высший организационный порядок в надмолекулярной структуре, связанный с предпереходными физикохимиче-

скими процессами в полимере, и формируется мелкокристаллитная, подвижная, механически однородная структура [1].

Экспериментальными исследованиями процесса твёрдофазной экструзии легированных ПА- и ПЭ-сплавов показано, что создание ориентационного порядка в кристаллизующихся полимерных системах заметно улучшает их прочностные и упругие свойства. Результаты исследования прочностных и упругих характеристик исходного и легированного ПЭ показали, что твёрдофазная экструзия приводит к увеличению модуля упругости образцов до 3,5 раз, разрывной прочности $\sigma_{\rm p}$ и прочности при срезе $\tau_{\rm c}$ до 3–4 раз.

полученные объёмной штамповкой, Изделия. отличаются особенно большой прочностью, твёрдостью, повышенным сопротивлением ползучести при сжимающих нагрузках. Изучение стойкости ПЭВП, ПЭНП, СВМПЭ и ПП к абразивному износу образцы, показало. что полученные методами твёрдофазной технологии, имеют большую стойкость к износу, чем образцы, полученные по традиционной технологии [1]. Зубчатые колёса, полученные этим способом, диаметром 250 мм с толщиной обода 55 мм из ПА выдерживают нагрузки в 1,5 тс.

Изучение деформационно-прочностных показателей полимеров и композитов, прошедших обработку давлением в твёрдой фазе, проводится на универсальной испытательной машине УТС 101-5, оснащённой программным обеспечением (рис. 2.1).

Предел текучести $\sigma_{\rm T}$ и разрушающее напряжение при разрыве $\sigma_{\rm p}$ в условиях одноосного нагружения определяется на машине УТС 101-5 при скорости перемещения зажимов 0,1 ... 500 мм/мин в температурном интервале $T_{293}-T_{\rm c}$ ($T_{\rm пл}$). Образцами служат прутки полимера диаметром 3 – 5 мм и длиной 25 мм.

Прочность при срезывающих напряжениях τ_c исходных и полученных в режиме ТФЭ полимерных экструдатов определяется на машине УТС 101-5 при помощи специального приспособления

«вилка». Температурный интервал испытания $T_{293}-T_{\rm c}(T_{\rm пл})$. Испытывают исходные и полученные $T\Phi \Theta$ образцы диаметром 3-5 мм. Срез проводится в направлении перпендикулярном оси ориентации. Каждую экспериментальную точку рассчитывают по данным испытания пяти образцов.

Порядок выполнения работы

- 1. С помощью лаборанта ознакомиться с устройством и порядком работы установки УТС 101-5 и программно-техническим комплексом для испытания полимеров и композитов в условиях одноосного нагружения и действия срезывающих напряжений.
- 2. По рекомендации преподавателя выбрать полимер и приготовить необходимое количество цилиндрических образцов диаметром
- 3 ... 5 мм и длиной 25 мм, прошедших обработку давлением в режиме ТФЭ.
- 3. Настройка программного обеспечения на персональном компьютере (ПК).
 - 3.1. Включаем ПК и испытательную машину УТС 101-5.
 - 3.2. Запускаем программу «Испытание пластмасс v.5.07».
- 3.3. В появившемся окне в правом верхнем углу нажимаем *Серия Новая серия* или используем сочетание клавиш *Ctrl+N* (рис. 1.7).
- 3.4. В появившемся окне выбираем вид испытания и устанавливаем необходимые данные (выбираем форму и размеры образца, скорость испытания), также указываем рабочую папку, где будут сохраняться результаты и задаём имя серии испытаний (рис. 1.8).
 - 3.5. Нажимаем Сохранить.
- 3.6. Для приёма данных с установки необходимо нажать Cepus Hosoe испытание (Ctrl+T).
- 3.7. В появившемся окне нажимаем *Приём испытания*. На этом настройка программного обеспечения закончена.

- 4. Настройка универсальной испытательной машины УТС 101-5.
- 4.1. В меню устанавливаем аналогичные настройки машины как и на ПК. (Вид испытания растяжение по ГОСТ 11262, форма образца цилиндр, рабочая длина образца, начальная расчётная длина образца, возврат траверсы автоматический, рабочая скорость 10 мм/мин, вид графика в испытании нагрузка=f(перемещение)).
 - 4.2. Устанавливаем специальные зажимы.
- 4.3. Термостатируем образец в термошкафу при заданной преподавателем температуре в течение 20 минут.
 - 4.4. Закрепляем образец в зажимы.
- 4.5. Обнуляем датчик силы и значение перемещения траверсы в меню установки.
 - 5.5. Нажимаем клавишу Тест.

Во время испытания на экране компьютера будет отображаться кривая зависимости усилия от перемещения (рис. 2.2).

6. Обработка и вывод результатов.

В процессе испытания на растяжение программа фиксирует, а затем рассчитывает следующие параметры.

- 6.1. Прочность при растяжении в МПа по формуле $\sigma_{\max} = \frac{F_{\max}}{A_0}$, где F_{\max} максимальная нагрузка, A_0 начальная площадь сечения образца. Площадь сечения цилиндрического образца $A_0 = \frac{\pi d_0^2}{4}$, где d_0 начальный диаметр образца в мм.
 - 6.2. Прочность при разрыве образца в МПа.
- 6.3. Относительную деформацию (удлинение) при максимальной нагрузке в %.

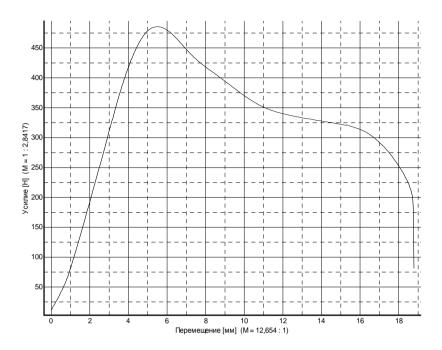


Рис. 2.2 Типичная зависимость усилия от перемещения в режиме одноосного растяжения образца полимера, снятая на машине УТС 101-5

- 6.4. Относительную деформацию (удлинение) при разрыве в %.
- 6.5. Модуль упругости в МПа по формуле $E = \frac{\Delta P \, l_0}{\Delta L \, A_0}$, где ΔP —

приращение нагрузки на начальном прямолинейном участке диаграммы (рис. 2.2), ΔL — приращение деформации образца, l_0 — начальная расчётная длина образца, A_0 — начальная площадь сечения образца.

- 6.6. Предел текучести ($\sigma_{\scriptscriptstyle T}$) в МПа.
- 6.7. Относительное удлинение при пределе текучести в %. Полученные результаты занести в протокол измерений.

- 6.8. После проведения испытаний образец необходимо извлечь из зажимов и провести испытания на растяжение со следующим образцом.
- 6.9. По рекомендации преподавателя выбрать полимер, приготовить необходимое количество образцов и провести сравнительные испытания базовых образцов на растяжение, не прошедших обработку давлением в режиме ТФЭ.

Содержание отчёта

- 1. Название и цель работы.
- 2. Схема установки УТС 101-5.
- 3. Протокол измерений.
- 4. Окна программно-технического комплекса испытаний на растяжение и срез (рис. 1.7 и 1.8).
- 5. Графики зависимости P=f(перемещение) при растяжении и срезе образцов, прошедших $T\Phi \ni$ и базовых образцов.
- 6. Результаты обработки результатов образцов по п.п. 6.1-6.7, прошедших $T\Phi \Theta$ и базовых образцов.
 - 7. Анализ полученных экспериментальных данных.
 - 8. Выводы.

Контрольные вопросы

- 1. Назовите физические механизмы, лежащие в основе повышения прочности стеклообразных и кристаллизующихся полимеров, прошедших обработку давлением в твёрдой фазе.
- 2. Какие технологические параметры ТФЭ существенно влияют на величину предела текучести и предела прочности материала по сравнению с базовым полимером?
- 3. Какие регистрируемые показатели при испытании на машине УТС 101-5 характеризуют пластичность полимера?
- 4. Какие упругие характеристики полимера регистрируются при испытании образцов полимера на машине УТС 101-5.

Литература: 1 - 4.

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОИСКРОВОГО ЛЕГИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВС-ЭЛЕКТРОДОВ

Цель работы: определение основных технологических параметров процесса электроискрового легирования деталей машин и инструмента СВС-электродами, изучение микротвёрдости покрытий.

Лабораторная установка, приборы и принадлежности: лабораторный прибор для электроискрового легирования марки SE-5.01; вибратор; обрабатываемые изделия или инструменты; кабель с «крокодилом» для подключения прибора к обрабатываемому изделию; микротвёрдомер ПМТ-3.

Методические указания

В лаборатории пластического деформирования неорганических материалов ИСМАН, г. Черноголовка, разработан технологический процесс СВС-экструзии, который сочетает горение режиме самораспространяющегося высокотемпературного синтеза технология) со сдвиговым деформированием – выдавливанием через фильеру горячих продуктов горения. Метод СВС-экструзии является наукоёмким и открывает принципиально новый подход в организации технологического процесса получения длинномерных изделий из композиционных керамических материалов и трудно деформируемых порошков тугоплавких неорганических соединений. В результате экспериментальных работ получены СВС-электроды для наплавки и легирования (ДИЕ) электроискрового из керамических композиционных материалов, в том числе с наноразмерными элементами структуры. В лабораторной работе для нанесения износо коррозионно- и жаростойких покрытий на поверхности деталей машин и механизмов, в том числе адгезионных, антифрикционных и многослойных композиционных покрытий, использовалась установка для электроискрового легирования SE-5.01 [5; 6].

Установка SE-5.01 состоит из силового блока (1), вибратора (3) и кабеля (2) с «крокодилом» для подключения к обрабатываемому изделию. Силовой блок установки выполнен в типовом

прямоугольном металлическом корпусе с расположением кнопок Технические передней панели. характеристики управления на приведены таблице. Установка обеспечивает установки зависимости от режимов обработки, материала электрода обрабатываемого изделия нанесение покрытий толщиной до 0,2 мм.



Рис. 3.1 Общий вид установки SE-5.01 3.1 Технические характеристики установки SE-5.01

Напряжение питающей сети, В	220±20
Частота, Гц	47 63
Максимальное выходное напряжение, В	70
Дискретность изменения выходного напряжения, не более, В	5
Диапазон ёмкости конденсаторной батареи, мкФ	5 315
Дискретность изменения ёмкости конденсаторной батареи, мкФ	5
Частота колебаний электромагнитного вибратора, Гц	160±10
Потребляемая мощность, не более, Вт	300
Диапазон рабочих температур, °С	+5 +40

Вибратор выполнен в текстолитовом корпусе, внутри которого размещена магнитная система, содержащая магнитопровод, катушку и якорь. На якоре закреплен электродержатель, позволяющий использовать электроды круглого и прямоугольного сечения. С нижней стороны корпуса вибратора выведен «подстроечный» винт, регулирующий амплитуду вибрации.

Для работы установки подключается вибратор и кабель с зажимом к соответствующим разъёмам на передней панели силового блока, который должен быть заземлён. Устанавливается электрод в вибратора электрододержатель И закрепляется при помоши специального винта. Нажимается кнопка START, при этом загорается жидкокристаллического индикатора. Устанавливается требуемое значение выходного напряжения кнопками VOLTAGE и ёмкости конденсаторной батареи кнопками САРАСІТУ. Перед работой установки её необходимо прогреть в течение 10 ... 15 мин на максимальных режимах установки: выходном напряжении 80В и ёмкости конденсаторной батареи 300 мкФ. Подключается зажим к обрабатываемой детали и ещё раз нажимается кнопка START, при этом начинает работать вибратор. Для обеспечения надёжного электрического контакта рекомендуется располагать подводящий обрабатываемой контакт вблизи поверхности. При «подстроечного» винта на вибраторе устанавливается необходимая амплитуда вибрации. Далее проводится электроискровое легирование в соответствии с технологическими требованиями. По окончании обработки изделия нажимается кнопка START, при этом вибратор выключается. По завершению работы установка выключается из сети.

Принцип работы установки основан на периодическом электрическом пробое воздушного промежутка при приближении вибрирующего электрода к поверхности обрабатываемой детали. При разряде происходит перенос разогретого материала электрода на поверхностный слой обрабатываемой детали.

Методика исследования микротвёрдости

Способы определения твёрдости в зависимости от временного характера приложения нагрузки и измерения сопротивления вдавливания индентора подразделяют на статические, динамические и кинетические. Наиболее распространёнными являются статические методы, при которых нагрузку к индентору прикладывают плавно и постепенно, а время выдержки под нагрузкой регламентируется стандартами на соответствующие методы.

К статическим методам определения твёрдости относятся: определение твёрдости по Бринеллю, по Виккерсу и по Роквеллу.

При исследовании полученных образцов использовался способ Виккерса, основанный на создании испытательных нагрузок, под действием которых алмазный наконечник вдавливается в испытуемую деталь и измерении линейной величины диагонали полученного отпечатка. Углы квадратного отпечатка видны отчётливее, чем края круглого, поэтому измерение диагоналей квадратного отпечатка можно выполнить точнее, чем измерение диаметра.

Микротвёрдость образцов измеряли при помощи микротвёрдомера ПМТ-3 [7]. Величина нагрузки на индентор составлет 100 г, что даёт более низкие и устойчивые оценки микротвёрдости, так как в интервале нагрузок 50 ... 200 г значения микротвёрдости увеличиваются сравнительно мало, а при дальнейшем уменьшении нагрузки существенно повышаются. Время выдержки под нагрузкой составляет 5 с.

Порядок выполнения работы

- 1. С помощью лаборанта ознакомиться с устройством и порядком работы на приборе SE-5.01 и микротвёрдомере ПМТ-3.
- 2. По рекомендации преподавателя выбрать несколько образцов изделий для электроискрового легирования и соответствующие режимы ЭИЛ.
- 3. Назначить с помощью лаборанта или преподавателя базовый образец из аналогичного материала для сравнения с обработанным образцом ЭИЛ.
- 4. C помощью лаборанта собрать лабораторную установку для ЭИЛ.
- 5. Включить прибор SE-5.01 и в течение 15 мин вывести его на рабочий режим при выходном напряжении 80~B и ёмкости конденсаторной батареи $300~\text{мк}\Phi$.
- 6. С помощью лаборанта провести процесс ЭИЛ в течение 5-7 мин для каждого образца обрабатываемого материала при различных режимах работы прибора (по заданию преподавателя).
- 7. По окончании обработки изделия выключить прибор, при этом вибратор выключается.
- 8. С помощью лаборанта на приборе ПМТ-3 произвести замеры значений микротвёрдости обрабатываемых ЭИЛ образцов по Викерсу

при нагрузке 100 Н в разных точках (5 замеров) для каждого образца [8].

- 9. Аналогичные замеры микротвёрдости в разных точках провести и для базового образца.
- 10. Результаты измерений микротвёрдости для обработанных ЭИЛ и базового образцов заносятся в протокол измерений.

Содержание отчёта

- 1. Название и цель работы.
- 2. Схемы установок, описания работы приборов и установок.
- 3. Протокол измерений и режимы ЭИЛ обрабатываемых образцов.
- 4. Итоговая таблица измерений микротвёрдости по Викерсу ЭИЛобразцов и базовых образцов с анализом полученных результатов.
 - 5. Выволы.

Контрольные вопросы

- 1. Назовите основные технологические стадии при СВСэкструзии.
 - 2. Чем отличаются СВС-электроды от традиционных электродов?
- 3. В чём особенности технологического процесса электроискрового легирования (ЭИЛ) деталей машин и инструмента при использовании СВС-электродов?
- 4. Назовите основные физические и структурные механизмы повышения прочности и микротвёрдости композиционных материалов и изделий в процессе обработки их в режиме ЭИЛ СВС-электродами.
- 5. Назовите области применения ЭИЛ с помощью СВСэлектродов.
- 6. В чём заключается особенность технологического процесса самораспространяющегося высокотемпературного синтеза композиционных материалов (СВС-технология)?

Литература: 3; 5 - 8.

Лабораторная работа № 4

ПРОВЕДЕНИЕ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ НА МАШИНЕ ТРЕНИЯ

Цель работы: определение износостойкости и коэффициента трения в паре полимер-сталь и покрытие-сталь.

Лабораторные установки, приборы и принадлежности: установка для испытания изделий на трение и износ «Машина трения»; аналитические весы; образцы для испытания стальные с покрытием методом ЭИЛ СВС-электродами; образцы для испытания полимерные; измерительный модуль Е-270, ПЭВМ (IBM PC).

Методические указания

Лабораторная работа по определению коэффициентов трения в паре полимер-сталь и покрытие-сталь проводится на универсальной испытательной машине трения с подключённым тензометром и регистрирующей аппаратурой (Е-270 и ПЭВМ) с программным обеспечением ZetLab (рис. 4.1) [5].

На рисунке приведён рабочий узел испытаний, на котором показано расположение тензометра, исследуемого образца с покрытием и контртел, закреплённых в специальной державке.

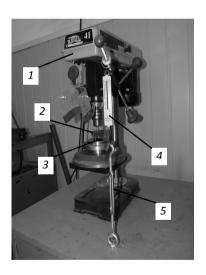


Рис. 4.1 Установка для испытания изделий на трение и износ «Машина трения»:

1 — станок приводной; 2 — контртело; 3 — образец; 4 — динамометр; 5 — задатчик нагрузки

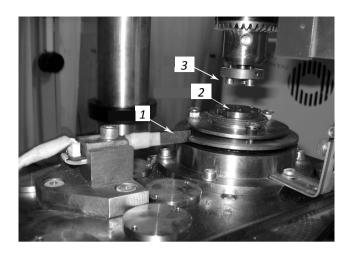


Рис. 4.2. Рабочий узел испытаний:

1 – тензодатчик; 2 – исследуемая деталь; 3 – контртела

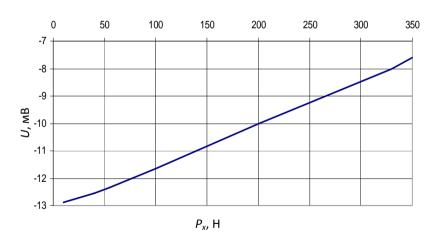


Рис. 4.3. Тарирование показаний тензометра

Перед проведением экспериментов необходимо провести тарирование показаний тензометра. Тарирование осуществляется при помощи динамометра. График тарировки показан на рис. 4.3.

Коэффициент трения определяется по формуле:

$$f = \frac{P_x}{P_z},\tag{4.1}$$

где величина P_x является функцией силы нагружения P_z , устанавливаемой вертикальной подачей суппорта станка и определяется регистрирующей аппаратурой. Величина прижимной силы P_z была установлена на машине трения, равная 150 H и выбиралась исходя из условия пластического контакта.

После тарирования тензометра устанавливались в державку исследуемые образцы с покрытиями, в качестве контртел были выбраны образцы из стали 45. Далее задаётся частота вращения суппорта, настраивается программное обеспечение и включается установка. В процессе проведения эксперимента снимаются значения силы P_x и рассчитывается коэффициент трения.

Также при помощи этой установки проводятся исследования износа покрытий с использованием аналитических весов. Производится нагружение прижимной силой, равной 150 Н и включается установка. Через каждую минуту производятся контрольные взвешивания на аналитических весах образцов с покрытиями и контртел. По разнице в весе определяется износ.

Порядок выполнения работы

- 1. С помощью лаборанта ознакомиться с устройством и порядком работы испытательной машины трения.
- 2. По рекомендации преподавателя выбрать несколько образцов изделий из стали с покрытием ЭИЛ СВС-электродами или полимерных образцов, полученных методами твёрдофазной технологии.
- 3. Назначить с помощью преподавателя образец из аналогичного материала для оценки коэффициентов трения и износостойкости в сравнении с образцами, обработанными на «Машине трения».
- 4. С помощью лаборанта собрать лабораторную установку для испытания образцов изделий на трение и износостойкость.

- 5. По рекомендации преподавателя в державку устанавливается образец с покрытием ЭИЛ СВС-электродами или полимерный образец, полученный методом твёрдофазной технологии.
- 6. Навешиваются грузы на держатель для нагружения образцов прижимной силой $P=150~{
 m H}.$
- 7. Настраивается программное обеспечение (E-270 и ПЭВМ) и включается установка.
- 8. Через каждую минуту работы установки производятся контрольные взвешивания на аналитических весах исследуемых образцов и контртел. По разнице в весе определяется износ. Результаты испытаний заносятся в протокол измерений.
- 9. В процессе работы установки снимаются значения силы P_x , при этом используется тарировочный график тензометра и программное обеспечение машины трения.
- 10. По формуле (4.1) рассчитывается коэффициент трения для каждой исследуемой пары трения.
- 11. Выключить установку и программное обеспечение. Извлечь исследуемый образец из державки.
- 12. Установить в державку базовый полимерный образец (по рекомендации преподавателя) или стальной образец без покрытия ЭИЛ.
- 13. Выполнить все операции испытания базового образца (пп. 6 11) «Порядка выполнения работы». Результаты испытаний занести в протокол измерений.

Содержание отчёта

- 1. Название и цель работы.
- 2. Схемы установки и узла испытаний, описание работы приборов и программного обеспечения машин трения.
 - 3. Протокол измерений.
- 4. Итоговая таблица измерений величины весового износа и коэффициента трения исследуемого и базового образцов с анализом полученных результатов.
 - 5. Выводы.

Контрольные вопросы

- 1. Дать определение величинам весового износа и износостойкости различных органических и неорганических материалов деталей и узлов машин.
- 2. Как определяется в лабораторной работе коэффициент трения исследуемого и базового образцов.

- 3. Назовите основные физические и структурные механизмы повышения износостойкости материалов и изделий из стали с покрытием ЭИЛ СВС-электродами по сравнению с базовым образцом.
- 4. Назовите основные физические механизмы снижения весового износа и повышения износостойкости композиционных полимерных материалов и изделий, полученных методами твёрдофазной технологии, по сравнению с базовым образцом.
- 5. Назовите области применения материалов с покрытием ЭИЛ СВС-электродами и полимерных композиционных материалов и изделий, полученных методами твёрдофазной технологии.

Литература: 5; 6 - 9.

Лабораторная работа № 5

СМЕСИТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ НАНОКОМПОЗИТОВ

Цель работы: анализ конструкций смесительного оборудования для приготовления качественных полимерных нанокомпозитов.

Лабораторные установки, приборы и принадлежности: червячный экструдер, ультразвуковой смеситель, машина УТС 101-5, вибросмеситель, микросмеситель для полимеров, смеситель «Брабендер», образцы и смеси полимеров.

Методические указания

Для получения качественных нанокомпозиционных материалов необходимо соблюдение трёх основных условий: 1) равномерное распределение частиц нанонаполнителя в объёме, то есть содержание наполнителя в единичном объёме матрицы должно быть постоянным по всему объёму; 2)дезагрегация частиц нанонаполнителя, то есть отсутствие крупных частиц; 3) повышенное взаимодействие между частицами нанонаполнителя и макромолекулами матрицы.

Разрушение агломератов и пучков на отдельные частицы и волокна, хорошая адгезия полимерной матрицы к нанонаполнителю – важнейшие факторы, обеспечивающие свойства нанонаполненных систем.

Различают следующие методы получения качественных полимерных нанокомпозитов [10].

Смешение в растворе. Наполнитель смешивается с полимером в Кроме механического перемешивания, может быть использована ультразвуковая обработка для разделения частиц наполнителя. Когда дисперсия готова, растворитель выпаривают. Метол подходит ДЛЯ полимеров. растворимых обычных растворителях.

расплаве. Расплав Смешение в полимера смешивают наночастицами в различных смесительных приборах, например, в двухчервячном экструдере. Хорошее распределение частиц в матрице трудно достичь путём простого смешения в расплаве, особенно при высоком содержании наполнителя, поэтому часто используют ПАВы и модификаторы для улучшения дисперсии и адгезии на границе раздела фаз, особенно если наполнители полярные. Тем не менее, благодаря своей простоте, данный способ широко применяется приготовления полимерных композиций с глинами и углеродными нанотрубками.

Совместная полимеризация. Хорошая адгезия матрицы достигается при непосредственном контакте катализатора или сокатализатора с наполнителем, что также способствует разделению на индивидуальные частицы во время полимеризации. Необходимо, чтобы нанонаполнители имели химические группы на поверхности, с которыми могут прореагировать катализаторы или сокатализаторы. Данным методом получают нанокомпозиты с различными видами углеродных нанотрубок, а также композиты с предварительно обработанным стекловолокном.

В настоящей лабораторной работе, помимо анализа технологических и конструктивных особенностей смесительного оборудования для приготовления качественных полимерных нанокомпозитов, решаются следующие конкретные задачи:

сравнение двух способов получения полимерных нанокомпозитов – смешением в условиях гидродинамической кавитации в режиме «срыва» в роторном смесителе типа «Брабендер» и традиционного смешения в расплаве на лабораторном шнековом экструдере;

– изучение влияния углеродного наноразмерного модификатора «Таунит» на параметры технологического процесса ТФЭ и эксплуатационные свойства полимерного нанокомпозита.

На рис. 5.1 – 5.5 представлено лабораторное и промышленное оборудование, которое может быть использовано для предварительного смешения полимерных композиций и получения качественных однородных полимерных нанокомпозитов [10–11].

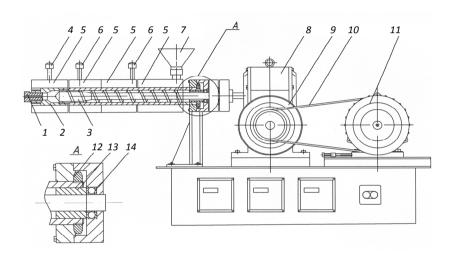


Рис. 5.1. Червячный экструдер:

1 – мундштук; 2 – головка; 3 – шнек; 4 – гильза головки; 5 – нагреватель;

6 – гильза корпуса; 7 – воронка; 8 – редуктор; 9 – шкив редуктора;

10 – ремень; 11 – шкив электродвигателя; 12 – гайка; 13 – подшипник скольжения радиальный; 14 – подшипник качения упорный



Рис. 5.2. Ультразвуковой аппарат для интенсификации процесса

прессования сыпучих и волокнистых материалов. Модель АУП-1/22-0. Назначение: интенсификация процесса смешения и прессования сыпучих и волокнистых материалов, в том числе полимерных материалов



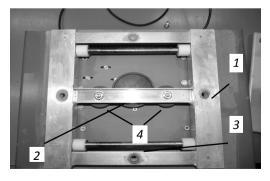


Рис. 5.3. Вибросмеситель:

I — подвижный стол; 2 — направляющие; 3 — кулачок; 4 — упорные ролики

При сравнении свойств нанокомпозитов, приготовленных в роторном смесителе типа «Брабендер» (рис. 5.5) и нанокомпозитов, полученных традиционным методом в лабораторном экструдере (рис. 5.1), были получены следующие результаты:

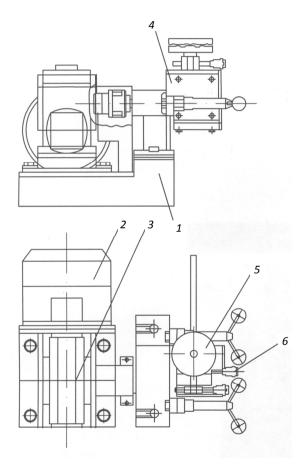
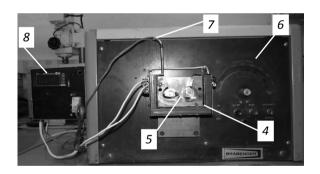


Рис. 5.4. Установка для получения полимерных нанокомпозитов:

1 – рама; 2 – электродвигатель; 3 – редуктор; 4 – смесительная камера;

- давление ТФЭ у композитов на основе АБС, полученных в смесителе «Брабендер», ниже, чем у композитов, полученных в лабораторном экструдере. Снижение давления составило около 15% для чистого АБС и около 10% для композита АБС + 1 м.ч. УНМ;
- прочность в условиях срезывающих напряжений образцов ПЭВП и ПЭВП + 1 м.ч. УНМ, приготовленных в смесителе «Брабендер» с последующей обработкой в режиме ТФЭ, выше на 13%, чем у образцов, полученных в шнековом экструдере. Прочность образцов АБС и АБС + 1 м.ч. УНМ, приготовленных в смесителе «Брабендер» с последующей обработкой в режиме ТФЭ, ниже, чем у композитов, полученных в шнековом экструдере на 20 ... 25%;



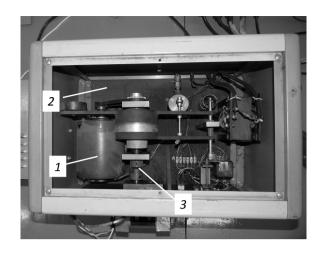


Рис. 5.5. Смеситель «Брабендер»:

1 – электродвигатель; 2 – ремённая передача; 3 – муфта;

4 – смесительная камера; 5 – органы смешения; 6 – электронагреватель;

7 – термопара; 8 – измеритель – регулятор температуры

– в ходе исследований усадочных процессов в режиме изотермического нагрева было отмечено повышение деформационной теплостойкости (на 10%) и снижение уровня остаточных напряжений (на 25%) у образцов ПЭВП, полученных в условиях режима «срыва» в роторном смесителе, по сравнению с образцами, полученными в лабораторном экструдере. Испытание образцов ПЭВП + 1 м.ч. УНМ дали аналогичные результаты.

Изменение технологических и эксплуатационных параметров ТФЭ-композитов, полученных в смесителе «Брабендер», говорит об изменении структуры материала, получаемого данным методом. Можно предположить, что высокие напряжения и скорости сдвига, возникающие В при смешении условиях режима «срыва», крупных способствуют разрушению агрегатированных частиц модификатора на более мелкие и приводят к изменению характера распределения наномодифицирующих добавок в полимере [12, 13].

Порядок выполнения работы

- 1. С помощью лаборанта ознакомиться с устройством и порядком работы смесительного оборудования и испытательной машины УТС 101-5.
- 2. По рекомендации преподавателя выбрать порошкообразный или гранулированный полимер и углеродный наномодификатор «Таунит».
- 3. С помощью лаборанта на лабораторном оборудовании (рис. 5.2 и 5.3) провести предварительное смешение и подготовку в необходимом количестве полимерной композиции заданного состава.
- 4. Провести окончательное смешение композиции и подготовку образцов в необходимом количестве диаметром 5 ... 6 мм на лабораторном экструдере (рис. 5.1).
- 5. Провести окончательное смешение и подготовку в необходимом количестве полимерного нанокомпозита в роторном смесителе «Брабендер» (рис. 5.4 или 5.5).
- 6. С помощью лаборанта подготовить образцы полимера диаметром 5 ... 6 мм и длиной 25 ... 30 мм из приготовленного нанокомпозита.
- 7. Провести испытания полученных образцов на испытательной машине УТС 101-5 в режиме ТФЭ (см. лаб. работу № 1) и снятия прочностных показателей в условиях одноосного нагружения и напряжений среза (лаб. работа № 2). Результаты испытаний занести в протокол измерений [3].

Содержание отчёта

- 1. Название и цель работы.
- 2. Схемы лабораторного смесительного оборудования.
- 3. Схема испытательной машины УТС 101-5 и её кинематической схемы.
 - 4. Протокол измерений.
 - 5. Сравнительный анализ полученных экспериментальных данных.
 - 6. Выводы.

Контрольные вопросы

- 1. Назовите основные требования (условия) технологии получения качественных полимерных нанокомпозитов.
- 2. В чём принципиальное отличие технологии получения нанокомпозитов в роторном смесителе «Брабендер» и переработки в шнековых экструдерах?

- 3. Назовите конструктивные и технологические особенности смесителей для получения качественных полимерных нанокомпозитов.
- 4. В чём заключается основная функциональная роль углеродного наномодификатора «Таунит» в формировании свойств качественных полимерных нанокомпозитов?

Литература: 3; 10 – 13.

Список литературы

- 1. Баронин, Г.С., Переработка полимеров в твёрдой фазе. Физикохимические основы : монография / Г.С. Баронин, М.Л. Кербер, Е.В. Минкин, Ю.М. Радько. – М. : Машиностроение-1, 2002. – 320 с.
- 2. Пустыльник, Б.И. Статистические методы анализа и обработки наблюдений: монография / Б.И. Пустыльник. М. : Наука, 1968. 288 с.
- 3. Переработка полимеров и композитов в твёрдой фазе: учебнометодическое пособие с грифом УМО / Г.С. Баронин, А.М. Столин, М.Л. Кербер, В.М. Дмитриев. Тамбов : Издательство ТГТУ, 2009. 145 с.
- 4. Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов, В.Н. Финогенов. М.: Высшая школа, 2003.
- 5. Бажин, П.М. СВС-экструзия многофункциональных электродных материалов для электроискрового легирования : дис. ... канд. техн. наук / П.М. Бажин. Черноголовка, 2009. 127 с.
- 6. Бажин, П.М. Метод электроискрового легирования для упрочнения стали 12Х18Н10Т / П.М. Бажин, А.М. Столин // Станочный парк. 2008 г. № 10(55). С. 26-27.
- 7.Комбарова, П.В. Совершенствование методов обработки давлением в твёрдой фазе полимерных композиционных материалов : магистерская диссертация / П.В. Комбарова. Тамбов, 2009. 131 с.
- 8. Баронин, Г.С. Оценка диффузионных свойств и структуры СВМПЭ-композитов, полученных ТФЭ (на английском языке) / Г.С. Баронин, В.М. Дмитриев, Д.О. Завражин, Д.Е. Кобзев, С.А. Иванов, П.В. Комбарова, А.С. Лосева // Вестник ТГТУ. 2009. № 4, Т.15. С. 795 805.

- 9. Износостойкие материалы в химическом машиностроении: справочник / Под редакцией Ю.М. Виноградова. Л. : Машиностроение, 1977. 256 с.
- 10. Ткачев, А.Г. Аппаратура и методы синтеза твёрдотельных наноструктур : монография / А.Г. Ткачев, И.В. Золотухин. М. : Машиностроение-1, 2007. 316 с.
- 11. Машины и аппараты химических производств: учебное пособие для вузов / А.С. Тимонин, В.Я. Борщев, М.А. Промтов и др. / Под общей редакцией А.С. Тимонина. Калуга: Издательство Н.Ф. Бочкаревой, 2008. 872 с.
- 12. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. 416 с.
- 13. Гусев, А.И. Нанокристаллические материалы / А.И. Гусев, А.А. Ремпель. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. 224 с.
- 14. Свешников, С.В. Прогрессивная технология холодной штамповки / С.В. Свешников. Л. : Лениздат, 1974. 231 с.