

На правах рукописи

АВИНКИН ВЛАДИМИР СЕРГЕЕВИЧ

**МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КОМПОЗИЦИОННЫХ
МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ТЕРМОПЛАСТОВ И ЧАСТИЦ
РЕЗИНЫ.**

05.17.06 - Технология и переработка полимеров и композитов

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата химических наук

Москва 2003

Работа выполнена в Российском химико-технологическом Университете им. Д.И. Менделеева совместно с Институтом синтетических полимерных материалов им. Н.С. Ениколопова.

Научные руководители:

Кандидат технических наук
Будницкий Юрий Михайлович,

Доктор физико-математических наук
Баженов Сергей Леонидович.

Официальные оппоненты:

Доктор химических наук, профессор,

Коршак Юрий Васильевич

Доктор химических наук, профессор,

Прут Эдуард Вениаминович

Ведущая организация: Научно-исследовательский институт пластических масс им. Г.С. Петрова.

Защита состоится на заседании диссертационного совета Д 212.204.01 в РХТУ им. Д. И. Менделеева (125190 г. Москва, Миусская пл., д. 9) в конференц зале _____

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-информационном центре РХТУ имени Д.И. Менделеева.

Автореферат диссертации разослан _____ 2003 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.204.01

Клабукова Л.Ф.

2003-А
16665

1

ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность проблемы. Композиционные материалы, состоящие из полимерной матрицы, и частиц измельченной резины, размером 10 - 600 мкм, называют резинопластами. Основная цель, которая преследовалась при разработке резинопластов – это решение экологической проблемы утилизации отходов резинотехнических изделий. В настоящее время основными направлениями переработки отходов резины является получение регенерата и резиновой крошки, применяемых преимущественно в качестве наполнителя резиновых смесей и как добавки в неответственные изделия. Интерес к вторичному использованию резины обусловлен тем, что затраты на ее производство на 30 - 50% меньше, чем на производство регенерата, что позволяет снизить стоимость эластомера. Перспективным направлением утилизации резинового порошка является использование его в составе полимерных композиционных материалов - резинопластов.

По своему составу резинопласты аналогичны термоэластопластам (ТЭП), в которых сшитые частицы каучука распределены в полимерной матрице (при сравнительно низком содержании каучука такие полимеры называют также ударопрочными полимерам). Однако имеются и различия. Первое заключается в размере частиц эластичного наполнителя. Если в ТЭП размер каучуковых частиц не превышает 5 микрон, то в резинопластах он достигает сотен микрон. Второе и наиболее существенное различие состоит в том, что в резинопластах не происходит инверсии фаз составляющих компонентов материала. Вплоть до 95 % об. содержания наполнителя матрица сохраняет непрерывность своей фазы. В ТЭП при концентрации частиц сшитого каучука ~60 об.% происходит инверсия фаз и наполненный термопласт превращается в эластомер, наполненный частицами термопласта. Третье отличие связано с различным вкладом матрицы и наполнителя в свойства композиционного материала. Считается, что механические свойства ТЭП при комнатной температуре определяются свойствами дисперсной фазы. Напротив, механические свойства резинопластов в основном зависят от свойств полимерной матрицы. Это обстоятельство сближает резинопласты с композитами на основе термопластичной матрицы с жесткими минеральными наполнителями. Различие между ними состоит в том, что жесткость наполнителя в резинопластах существенно ниже жесткости полимерной матрицы.

Таким образом, резинопласты представляют большой интерес как с точки зрения использования резиновых отходов, позволяющих в значительной степени реализовать ценные свойства эластомеров, так и с точки зрения изучения нового класса композиционных материалов.

РОС. НАЦИОНАЛЬНАЯ
БИБЛИОТЕКА
С.Петербург
09 1003 акт 664

Цель работы - изучение деформационно – прочностных свойств резинопластов. При этом решались следующие задачи: определение влияния концентрации частиц резины на предел прочности, верхний и нижний пределы текучести композиционного материала; исследование влияния свойств матричного полимера на деформационно - прочностные характеристики резинопластов; исследование влияния деформативности эластичных частиц на свойства резинопластов и механизм разрушения композита; исследование влияния межфазного взаимодействия на деформационно-прочностные свойства резинопластов. Разработка способов модификации резинопластов.

Научная новизна.

На основании проведенных исследований установлено, что:

1. Переход к хрупкому разрушению (охрупчивание) наполненных термопластов связан с формированием и распространением шейки в матричном полимере. При определенном содержании наполнителя шейка теряет способность к распространению и композит разрушается при низких значениях относительного удлинения. Степень наполнения, выше которой материал теряет деформативность и разрушается квазихрупко, зависит от величины деформационного упрочнения матричного полимера. Деформация композита при квазихрупком разрушении определяется деформацией начала распространения шейки в матричном полимере. Если термопластичная матрица деформируется без образования шейки, с увеличением содержания наполнителя не происходит охрупчивания композита на ее основе. В этом случае деформативность материала монотонно снижается с ростом степени наполнения. При отсутствии деформационного упрочнения матричного полимера переход от пластичного к хрупкому разрушению композита на его основе происходит при содержании крайне незначительного (менее 0.1 об.%) количества наполнителя.

2. Деформационное поведение эластичных частиц в объеме матричного полимера влияет на механизм разрушения резинопласта. Обнаружен механизм разрушения композитов, инициируемый разрывом частиц наполнителя. При малых концентрациях наполнителя разрыв частиц не инициирует разрушение материала, при больших степенях наполнения (более 20 об.%) разрыв частиц приводит к его разрушению.

3. Предел прочности, верхний и нижний пределы текучести резинопластов описываются разными функциональными зависимостями. Предел прочности и верхний предел текучести композита монотонно уменьшаются с ростом объемной доли наполнителя V_f . Экспериментальные значения этих характеристик описываются линейной функцией в координатах напряжение – $V_f^{2/3}$. Нижний предел текучести линейно снижается при увеличении содержания частиц резины.

Практическая ценность.

Полученные в настоящей работе результаты могут быть использованы для разработки методов прогнозирования деформационно-прочностных свойств не только резинопластов, но и других дисперсно-наполненных композитов. Определен оптимальный температурный режим получения резинопластов, который может быть рекомендован для технологического процесса переработки материала. Определено оптимальное количество компатибилизирующей полимерной добавки в составе резинопластов, которое может быть использовано при разработке рецептуры композитов на основе термопластичной матрицы и порошка резины.

Апробация работы.

Основные результаты выполненного исследования доложены на XIII, XIV, XV Международной конференции молодых ученых по химии и химической технологии «МКХТ-99», «МКХТ-2000», «МКХТ-2001», на Втором всероссийском каргинском симпозиуме «Химия и физика полимеров в начале 20 века».

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.

В работе в качестве матричных полимеров использовали ПЭНП марок – 16803-070, 15803-020, 16204-020, ПЭВП марки 277-73, смеси ПЭНП:ПЭВП, ПЭ средней плотности марки F 3802 В, смеси ПЭНП:ПЭ средней плотности различных составов, а также сополимер этилена с винилацетатом (СЭВА) марки 11306-075, смесь ПЭНП:СЭВА и ПП марки Lipol A4 – 71К в смеси ПЭНП:ПП.

В качестве наполнителя использовали общешинную резиновую крошку марки РДС (ТИРП), полученную Чеховским регенеративным заводом по ТУ 38.108035-87.

Смешение полиолефинов, а также матричных полимеров с резиновой крошкой проводили на одношнековом лабораторном экструдере с диаметром шнека 32 мм, длина шнека = 12D, частота вращения шнека 25.5 об./мин..

Прессование проводили на гидрпрессовой установке П - 10 ГОСТ 8905 - 73. Толщина получаемого листа 2мм.

В работе были использованы следующие методы исследования. Дисперсионный анализ проводили на установке СИИТ-2 (ГОСТ 3584-73). Механические испытания композитов проводили на универсальной испытательной машине Autograph AGS – 10 kNG фирмы Шимадзу и на динамометрической установке 2038P-005. Дифференциальная сканирующая калориметрия проводилась на термоанализаторе фирмы «Mettler» TA - 4000. Термогравиметрия проводилась на дифференциальном термическом

анализаторе системы F.Paulik, S.Paulik, MOM Budapest. Структурные исследования проводили с помощью электронного сканирующего микроскопа «JSM-5300 LV», компьютерного оптического микроскопа «Qx3», а также лабораторного оптического микроскопа марки МБС-9.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ.

Предел прочности, предел текучести и нижний предел текучести композита полиэтилен-резина.

Для анализа влияния частиц на прочность, верхний и нижний пределы текучести композита была рассмотрена модель Смита, которая используется для описания механических свойств дисперсно наполненных композитов с жесткими частицами. В данной модели частицы кубической формы уложены в узлах регулярной кубической решетки. Ячейка периодичности в данной модели - куб с единичной длиной ребра, в центре которого расположена частица наполнителя.

Верхний предел текучести. В рамках рассматриваемой модели получено следующее выражение, описывающее влияние частиц на предел текучести резинопласта:

$$\sigma_y = \sigma_{ym}(1 - V_f^{2/3}) \quad (1)$$

Здесь σ_y и σ_{ym} - пределы текучести композита и полимерной матрицы соответственно, V_f - объемная доля наполнителя.

Согласно выражению (1), верхний предел текучести композита линейно уменьшается в координатах $\sigma_y - V_f^{2/3}$. На рис.1 приведена концентрационная зависимость предела текучести композита ПЭ средней плотности-резина в координатах $\sigma_y - V_f^{2/3}$. Эта зависимость линейна во всей области концентраций, а наклон прямой близок к единице. Такое поведение предела текучести типично не только для резинопласта, но и для композитов, наполненных частицами жесткого минерального наполнителя при плохой адгезии между частицами и матрицей. Следовательно, влияние частиц резины на верхний предел текучести композита аналогично влиянию минерального наполнителя. В композитах с жесткими частицами при плохой адгезии они отслаиваются от матрицы и образуют поры. В резинопласте при инициации пластичности уровень деформации мал, и основную нагрузку несет матрица, а напряжением в частицах резины можно пренебречь. Эластичный наполнитель аналогичен порам. Это объясняет похожее влияние наполнителя на предел текучести композитов, наполненных жесткими и высокоэластичными частицами.

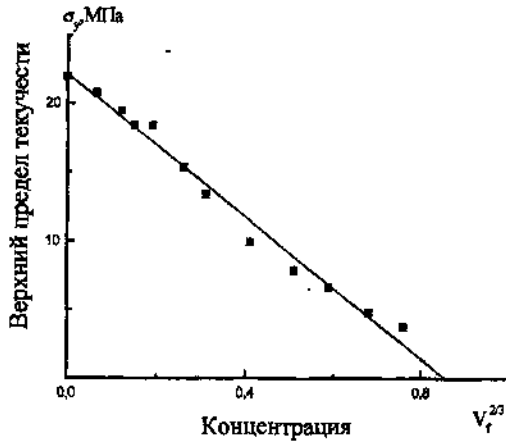


Рис. 1. Концентрационная зависимость верхнего предела текучести композита ПЭСП-резина в координатах уравнения (1).

Предел прочности. В работе получено уравнение, описывающее прочность композита:

$$\sigma_c = \sigma_{mc}(1 - V_f^{2/3}) + \sigma_a V_f^{2/3} \quad (2)$$

σ_c - прочность композита, σ_{mc} - прочность матрицы, σ_a - адгезионная прочность и V_f - объемная доля наполнителя.

На рис.2 приведена концентрационная зависимость прочности материала в координатах $\sigma_c - V_f^{2/3}$. Она линейна во всей области концентраций за исключением начальной точки, причем величина σ_{mc} (уравнение 2) равна не прочности матрицы (28 МПа), а 16 МПа. Это значение совпадает с величиной нижнего предела текучести матрицы. Таким образом, в композите прочность матрицы описывается «эффективным значением», равным нижнему пределу текучести. Частицы резины влияют на прочность резинопласта аналогично влиянию частиц минерального наполнителя. Однако «эффективная» прочность матрицы равна ее нижнему пределу текучести.

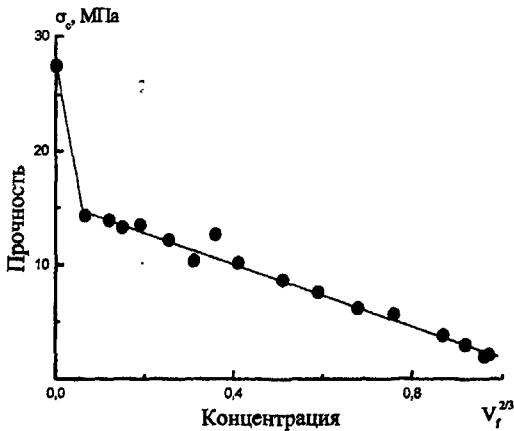


Рис. 2. Концентрационная зависимость прочности при разрушении композита ПЭСР - резина в координатах уравнения (2).

Нижний предел текучести. Выведено соотношение, описывающее влияние частиц на нижний предел текучести композита:

$$\sigma_d = \sigma_{dm} - (\sigma_{dm} - \sigma_a) V_f \quad (3)$$

Здесь σ_d и σ_{dm} – нижний предел текучести резинопласта и матричного полимера соответственно, σ_a – адгезионная прочность.

На рис.3 представлена зависимость нижнего предела текучести от объемной доли наполнителя V_f . Экспериментальные данные действительно описываются линейной функцией. Таким образом, в отличие от верхнего предела текучести и предела прочности, нижний предел текучести с ростом степени наполнения снижается линейно. Линейный закон снижения нижнего предела текучести в композитах на основе жестких частиц ранее известен не был.

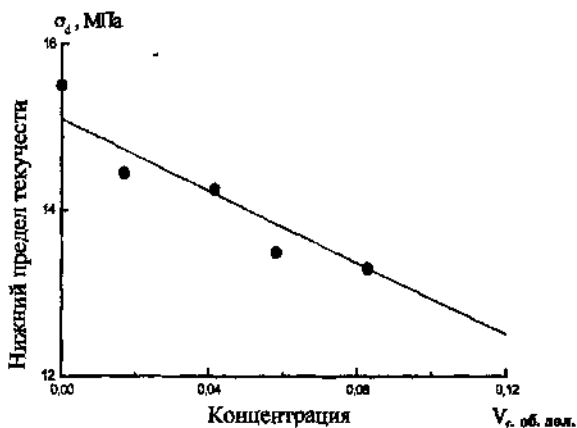


Рис. 3. Концентрационная зависимость нижнего предела текучести композита ПЭСИ – резина.

Охрупчивание резинопластов

Согласно представленным на рис.2 и 3 данным, в результате увеличения концентрации частиц резины предел прочности снижается намного быстрее, чем нижний предел текучести. Как следствие, при некоторой критической концентрации частиц прочность композита снижается до нижнего предела текучести. В результате этого шейка теряет способность распространяться, и происходит переход к квазихрупкому разрушению при $\sigma_d = \sigma_c$, где σ_c и σ_d описываются уравнениями (2) и (3) соответственно. Получено выражение, описывающее критическую концентрацию наполнителя V_f^* при переходе к хрупкому разрушению:

$$V^* = \frac{\beta^3 (\sigma_m - \sigma_a)^3}{27 (\sigma_{dm} - \sigma_a)^3} \left[1 - 2 \cos \left(\frac{\alpha}{3} + \frac{\pi}{3} \right) \right]^3 \quad (4)$$

Где β – коэффициент формы (1.21 для сферических частиц),

$$\alpha = \arccos \left[1 - \frac{27 (\sigma_m - \sigma_{dm}) (\sigma_{dm} - \sigma_a)^2}{2 \beta^3 (\sigma_m - \sigma_a)^3} \right]$$

Анализ уравнения (4) показывает, что критическая степень наполнения композита при переходе к хрупкому разрушению определяется прежде всего способностью матрицы к ориентационному упрочнению, которое характеризуется разностью между пределом прочности матрицы и ее нижним пределом текучести ($\sigma_m - \sigma_d$). Чем выше ориентационное упрочнение матрицы, тем больше критическая степень наполнения и тем позднее должно произойти охрупчивание композита. Критическая концентрация наполнителя также зависит от адгезионной прочности на межфазной границе.

Механические свойства резинопласта на основе полимера, деформирующегося без упрочнения

Согласно формуле (4), критическая концентрация V_f^* должна быть равна нулю, если матричный полимер деформируется без упрочнения и $\sigma_m - \sigma_d = 0$. Следовательно, введение малого количества наполнителя в такой полимер должно приводить к его охрупчиванию.

Для проверки предположения исследовали композиты на основе ПЭВП марки 277-73, деформирующегося без упрочнения. Результаты показали, что введение крайне незначительного (менее 0.1 об.%) количества наполнителя приводит к хрупкому разрушению композита, что подтверждает вывод об определяющей роли деформационного упрочнения матрицы при охрупчивании. Относительное удлинение при разрыве при переходе от пластичного к хрупкому разрушению резко уменьшается с 180 % до 10 %.

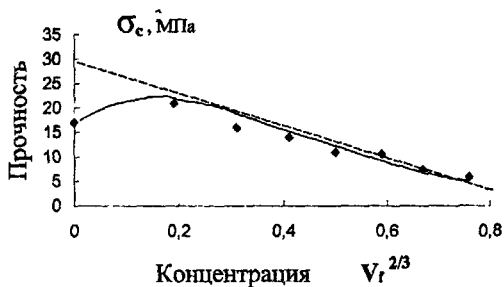


Рис. 4. Зависимость прочности наполненного ПЭВП от объемной доли частиц резины в координатах уравнения (2).

Рис.4 приведена зависимость прочности композита в координатах $\sigma_c - V_f^{2/3}$. Эффективная прочность матрицы при хрупком разрушении равна $\sigma_{me} = 28$ МПа, что равно верхнему пределу текучести. Таким образом, при хрупком разрушении эффективная прочность матрицы в композите равна верхнему пределу текучести матрицы. Это объясняется тем, что композит разрушается при инициации шейки, когда напряжение равно верхнему пределу текучести матрицы.

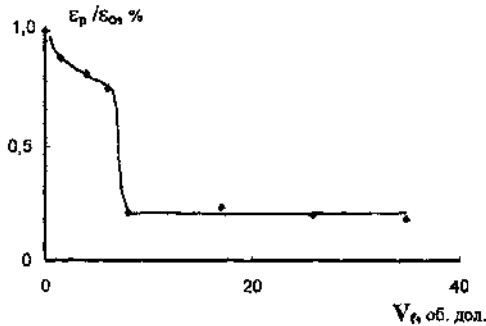


Рис. 5. Зависимость относительной деформации при разрыве композита ПЭНП : ПЭСП (70:30) от концентрации наполнителя.

Влияние степени упрочнения на свойства резинопластов

На рис.5 приведена зависимость относительной деформации композита ПЭНП:ПЭСП/резина от концентрации наполнителя. Матричный полимер деформируется с упрочнением. Кривая имеет Z-образный вид. При содержании частиц 8 % об. наблюдается резкое снижение предельной деформации композита. В данной концентрационной области происходит смена деформационного поведения материала от пластического к квазихрупкому. Рассчитанная по уравнению (4) критическая концентрация наполнителя при изменении σ_a от 3 до 5 МПа равна 4 - 9 об. %. Экспериментально полученная величина V^* равна 8 об.%, что согласуется с теоретической оценкой V^* .

Экспериментальное исследование влияния деформационного упрочнения матрицы на критическую концентрацию наполнителя, при которой композит переходит к хрупкому разрушению, исследовали путем

использования матрицы, представляющей собой смесь двух полиолефинов, относительная доля которых изменялась. В таблице 1 сопоставлены критические концентрации наполнителя, полученные расчетным и экспериментальным путем. Согласие между теоретическими и экспериментальными значениями V^* является удовлетворительным.

Таким образом, механическое поведение резинопластов в основном аналогично композитам, наполненным жесткими частицам. Введение частиц резины приводит к ухудшению деформационных свойств материала. С ростом концентрации резины наблюдается смена механизма деформирования от пластического, посредством распространения шейки, к квазихрупкому разрушению в процессе формирования шейки. При этом резко снижается предельное удлинение резинопласта. Охрупчивание композита происходит в том случае, если образовавшаяся шейка в материале не способна к распространению. С уменьшением коэффициента упрочнения полимерной матрицы наблюдается снижение деформативности резинопласта при одинаковой степени наполнения.

Таблица 1.

Сопоставление расчетных и экспериментальных величин критических концентраций наполнителя для резинопластов на основе различных матричных полимеров.

Критическая концентрация наполнителя	Полимерная матрица		
	ПЭНП	ПЭНП : ПЭВП (80:20)	ПЭНП : НЭВП (70:30)
V^* Расчетная	0.23	0.18	0.13
V^* экспериментальная	0,2	0,17	0,11

Примечание: Расчет V^* проводился в предположении, что величина адгезионной прочности равна 5 МПа по уравнению (4).

Деформация резинопластов при квазихрупком разрушении.

Величины предельных деформаций при квазихрупком разрушении (когда разрыв происходит при образовании шейки) различны для каждого наполненного матричного полимера. На рис.6 приведена корреляция деформации композитов при квазихрупком разрушении и деформации образования шейки в исходных матричных полимерах. Представленная зависимость линейна и имеет угол наклона, близкий к 45° . Таким образом, деформативность композита при квазихрупком разрушении определяется величиной деформации образования шейки в исходном матричном полимере и $\epsilon_c = \epsilon_d$.

№	Состав	Марка полимера
1.	ПЭНП	16803-070
2.	ПЭНП	15803-020
3.	95 мас.% ПЭНП + 5 мас.% ПЭВП	15803-020 + 277-73
4.	90 мас.% ПЭНП + 10 мас.% ПЭВП	- " -
5.	85 мас.% ПЭНП + 15 мас.% ПЭВП	- " -
6.	75 мас.% ПЭНП + 25 мас.% ПЭВП	- " -
7.	70 мас.% ПЭНП + 30 мас.% ПЭВП	- " -
8.	ПЭСП*	F 3802 B
9.	70 мас.% ПЭНП + 30 мас.% ПЭСП	15803-020 +F 3802B
10.	ПЭНП	16204-020
11.	80 мас.% ПЭНП + 20 мас.% ПЭВП	16204-020 + 277-73
12.	70 мас.% ПЭНП + 30 мас.% ПЭВП	- " -

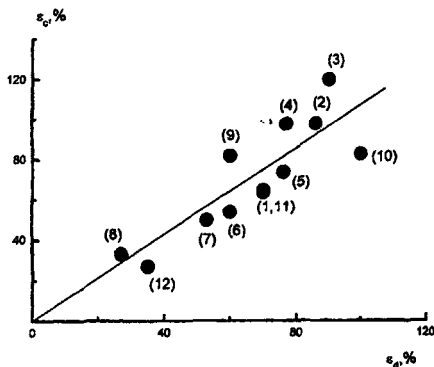


Рис. 6. Зависимость деформации при разрыве композитов при квазихрупком разрушении от деформации при формировании шейки в матричном полимере. Цифры соответствуют номерам составов матричных полимеров, приведенных в таблице.

Свойства резинопластов на основе матрицы, деформирующейся без шейки.

Согласно развитым выше представлениям, охрупчивание композита связано с формированием шейки в матричном полимере. Если шейка в матрице не образуется, композит на основе такого полимера охрупчиваться не должен. Это предположение было проверено при изучении композита СЭВА-резина.

На рис.7 приведена зависимость разрушающей деформации резинопласта от объемной доли частиц резины. При концентрации менее 1.6 об.% частиц резины наблюдается снижение деформативности резинопласта с 900 до 600%. Дальнейшее увеличение концентрации наполнителя приводит к незначительному снижению разрывной деформации, которая всегда остается выше 200%. Таким образом, композит не охрупчивается, что подтверждает сделанное выше предположение о связи хрупкого разрушения с формированием шейки в матричном полимере.

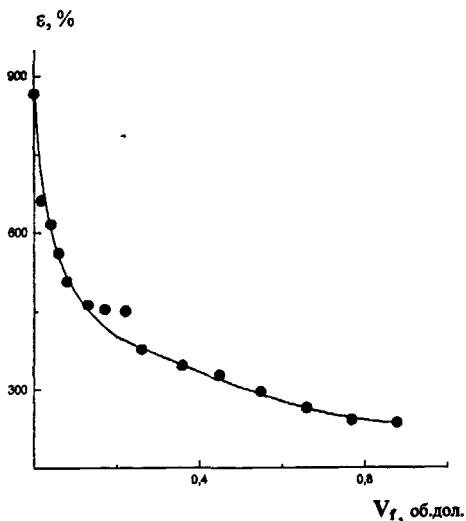


Рис. 7. Концентрационная зависимость удлинения при разрыве резинопласта СЭВА - резина.

Влияние свойств эластичных частиц наполнителя на деформационные свойства резинопластов.

При микроскопическом исследовании процесса растяжения композитов было установлено, что частицы резины деформируются вместе с полимерной матрицей. Влияние частиц резины на деформационное поведение резинопластов исследовали на примере композита СЭВА-резина.

Наблюдалось два механизма разрушения композита СЭВА-резина. При малых концентрациях частиц ($V_f < 13$ об.%) их разрыв вел к образованию пор, причем матрица сохраняла способность к дальнейшему растяжению. Увеличение содержания наполнителя приводило к изменению механизма разрушения композита, и при больших концентрациях частиц ($V_f > 13$ об.%) разрыв частиц инициировал разрушение материала. В последнем случае предельная деформация композита была примерно равна деформации разрушения частиц. Таким образом, был обнаружен новый механизм разрушения, инициируемый разрывом частиц.

Модификация резинопластов.

В качестве совмещающей добавки, повышающей адгезию между частицами резины и матрицей использовали сополимер этилена с винилацетатом (СЭВА), содержащий олефиновые и полярные группы, совместимые как с ПЭ, так и с частицами резины. Введение 5 % СЭВА приводит к росту относительного удлинения в 3 раза. Было установлено что модифицирующее действие данной добавки определяется, во-первых, увеличением адгезионного взаимодействия на границе матрица-наполнитель, и, во-вторых, изменением свойств самой полимерной матрицы.

Роль второго фактора исследовали при изучении композита с 5% ПП. Вводимая полиолефиновая добавка не изменяет адгезионное взаимодействие на границе матрица-резиновый порошок. При этом не изменяются и деформационные свойства резинопласта.

Таким образом, введение сополимера этилена с винилацетатом приводит к росту деформационных характеристик материала, которое вызвано увеличением адгезионной прочности на границе матрица-резина. То есть СЭВА играет роль компатибилизирующей полимерной добавкой.

ВЫВОДЫ

1. Экспериментально подтвержден теоретический вывод, что деформационное поведение композита определяется условием, деформируется ли термопластичный матричный полимер путем распространения шейки или нет. Если матрица деформируется без образования шейки, увеличение содержания наполнителя не приводит к охрупчиванию композита, а его деформативность монотонно снижается. Если матрица деформируется путем образования и распространения шейки, при некоторой концентрации эластичного наполнителя происходит смена механизма разрушения от пластического (путем распространения шейки) к квазихрупкому. При этом резко падает деформативность композита.

2. Показано, что разрушение композита может инициироваться разрывом частиц наполнителя. Этот механизм разрушения наблюдается при больших степенях наполнения.

3. При увеличении содержания частиц резины нижний предел текучести снижается линейно.

4. Степень наполнения, выше которой происходит охрупчивание материала, зависит от величины деформационного упрочнения матричного полимера. В частности, при отсутствии деформационного упрочнения, переход к хрупкому разрушению композита происходит при крайне незначительном (менее 0.1 об.%) количестве наполнителя.

5. Экспериментально подтверждена применимость закона «двух третей» для описания верхнего предела текучести и прочности резинопласта. Эффективная прочность матрицы в композите зависит от механизма разрушения. При пластичном разрыве она равна прочности матричного полимера; при квазихрупком - нижнему пределу текучести матрицы; а при хрупком разрыве – верхнему пределу текучести матрицы.

6. Введение компатибилизатора, сополимера этилена с винилацетатом, приводит к росту деформационных характеристик резинопласта. Модифицирующее влияние полимерной добавки вызвано увеличением адгезионной прочности на границе матрица-резиновый порошок.

По теме диссертации опубликованы следующие работы:

1) Авинкин В.С., Вдовин М.Ю., Серенко О.А., Будницкий Ю.М. Композиционные материалы на основе вторичных полимеров. // Успехи в химии и хим. технологии. Вып. 13: Тез. докл. Междунар. конф. мол. ученых. - Ч.2. –М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 1999. - С.7.

2) Авинкин В.С., Серенко О.А., Будницкий Ю.М. Влияние сополимера этилена и винилацетата на деформационно-прочностные свойства композиции ПЭНП – порошок резины. // Второй всероссийский каргинский симпозиум, Химия и физика полимеров в начале 20 века. - 2000. - Ч.1, - С.1.

3) Серенко О.А., Авинкин В.С., Крючков А.Н., Будницкий Ю.М. Влияние характеристик ПЭНП на деформационные свойства резинопластов. // Пласт.массы. - 2000. - № 9. - С.12.

4) Авинкин В.С., Серенко О.А., Будницкий Ю.М. Влияние условий смешения ингредиентов на свойства резинопластов. // Успехи в химии и хим. технологии. Вып. 14: Тез. докл. Междунар. конф. мол. ученых. - Ч.2. –М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2000. - С.67.

5) Серенко О.А., Авинкин В.С., Вдовин М.Ю., Крючков А.Н. Влияние сополимера этилена с винилацетатом на деформационные свойства композиции ПЭНП - эластичный наполнитель. // Высокомолек.соед. Серия А. - 2001. - Т.43, №2. - С. 246.

6) Авинкин В.С., Серенко О.А., Будницкий Ю.М. Влияние деформационного упрочнения термопластичной матрицы на свойства композита с эластичным наполнителем. // Успехи в химии и хим. технологии. Т.15: Тез. докл. Междунар. конф. мол. ученых. - Ч.2. –М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, - 2001. - С.48.

7) Серенко О.А., Авинкин В.С., Баженов С.Л. Влияние деформационного упрочнения термопластичной матрицы на свойства композита с эластичным наполнителем. // Высокомолек.соед. Серия А. - 2002. - Т.44, №3. - С.457.

8) Баженов С.Л., Гончарук Г.П., Кнунянц М.И., Авинкин В.С., Серенко О.А. Влияние концентрации частиц резины на механизм разрушения наполненного ПЭВП. // Высокомолек.соед. Серия А. - 2002. - Т.44, №4. - С.637.

9) Серенко О.А., Авинкин В.С., Баженов С.Л. Разрушение композита на основе однородно деформирующейся термопластичной матрицы и частиц резины. // Докл. РАН. - 2002. - Т.382, №3. - С.341.

10) Серенко О.А., Гончарук Г.П., Авинкин В.С., Кечекьян А.С., Баженов С.Л. Прочность и предел текучести композита полиэтилен – резина.

// Высокомолек.соед. Серия А. - 2002. - Т.44, №8. - С.1399.

11) Баженов С.Л., Гроховская Т.Е., Носова Д.Г., Авинкин В.С., Серенко О.А. Механические свойства однородно деформирующегося термопластичного полимера, наполненного частицами эластомера. // Высокомолек.соед. Серия А. - 2002. - Т.44, №11. - С.1999.

12) Серенко О.А., Авинкин В.С., Баженов С.Л., Будницкий Ю.М. Свойства композитов с дисперсным эластичным наполнителем. // Пласт.массы. - 2003. - №1. - С.18.

13) Серенко О.А., Баженов С.Л., Крючков А.Н., Авинкин В.С., Будницкий Ю.М. Резинопласты – новый класс дисперсно наполненных композиционных материалов. // Хим. пром-сть. – 2003. - №7. – С.34.

Заказ № 150

Объем 1,0 п.л.

Тираж 100 экз.

Издательский центр РХТУ им. Д.И. Менделеева

№ 16665

2003-A

16665