

УДК 541.64:539.3

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ КОМПОЗИТА ПОЛИЭТИЛЕН–РЕЗИНА¹

© 2003 г. О. А. Серенко*, Г. П. Гончарук*, И. Н. Насруллаев**, Г. М. Магомедов***,
Е. С. Оболонкова*, С. Л. Баженов*

*Институт синтетических полимерных материалов
им. Н.С. Ениколопова Российской академии наук
117393 Москва, Профсоюзная ул., 70

**Московский педагогический государственный университет
119992 Москва, М. Пироговская ул., 1

***Дагестанский государственный педагогический университет
367003 Махачкала, ул. Ярагского, 57

Поступила в редакцию 12.03.2003 г.
Принята в печать 02.07.2003 г.

Исследовано влияние температуры на механические свойства ПЭ средней плотности, наполненного частицами резины. Повышение температуры приводит к смене механизма деформационного поведения композита ПЭ–резина от квазихрупкого разрыва к пластичному. Переход сопровождается ростом деформируемости, а в некоторых случаях и прочности материала. Температура, при которой изменяется механизм разрушения, зависит от степени наполнения полимера и повышается с ростом содержания частиц резины. Установлено, что увеличение температуры подавляет образование в матрице “ромбовидных” трещин, появление которых является причиной низкой деформируемости наполненного композита. Отсутствие “опасных” пор и большой коэффициент упрочнения матричного полимера обусловливают высокую деформируемость материала и предотвращают увеличение хрупкости с повышением содержания частиц резины.

Известно, что введение каучука в хрупкие полимеры снижает их хрупкость и увеличивает удлинение при разрыве [1]. Если в качестве матрицы используется пластичный полимер, то наполнение его каучуком [2, 3] (как, впрочем, и жесткими минеральными частицами [4]) приводит к обратному результату. Деформация при разрыве этих композитов уменьшается. Присутствие наполнителя в термопластах вызывает не просто снижение деформируемости, а переход к хрупкому разрушению композита, в результате которого удлинение при разрыве падает ~100 раз.

Согласно работам [4–6], основная причина охрупчивания – формирование шейки в матричном полимере, которая теряет способность к распространению при определенном содержании жесткого или эластичного наполнителя. Композит разрушается в момент ее образования. Условием

перехода от пластического разрушения к хрупкому является снижение инженерной прочности материала σ_c до величины нижнего предела текучести (напряжения распространения шейки) σ_d . При небольших степенях наполнения напряжение распространения шейки ниже прочности ($\sigma_c > \sigma_d$) и сформировавшаяся шейка распространяется вдоль образца. При наполнениях выше некоторого критического предела $\sigma_c < \sigma_d$ шейка не способна к распространению и материал разрушается в процессе ее формирования. Изменение механизма разрушения проявляется в виде резкого снижения деформации при разрыве в относительно узкой области концентрации частиц. Если матричный полимер деформируется однородно, как каучук, без образования шейки, то материал на его основе не охрупчивается [7].

Влияние температуры на механические характеристики композитов, наполненных частицами резины, ранее не изучали. В работах [8, 9] исследованы температурные свойства смесей ПП и этилен-пропиленового каучука. По своей структуре и свойствам указанные системы относятся к

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 03-03-32259).

E-mail: bazhenov@ispn.ru (Серенко Ольга Анатольевна).

термопластичным эластомерам, поэтому их температурное поведение может существенно отличаться от поведения дисперсно наполненных композитов. Цель настоящей работы – исследование температурных свойств и механизмов разрушения ПЭ средней плотности, наполненного частицами резины.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для приготовления композиционного материала использовали ПЭ средней плотности марки Лукотен F 3802 В. В качестве наполнителя применяли полидисперсную резиновую крошку, полученную при упругодеформационном измельчении автомобильных уплотнителей, изготовленных на основе каучука СКЭПГ. Этот наполнитель имеет высокую адгезию к ПЭ-матрице [10]. Размер частиц резины составлял 10–600 мкм.

Условия смещения ПЭ и эластичного наполнителя, а также условия прессования пластин из полученной композиции приведены в работе [11]. Концентрацию наполнителя изменяли от 1.7 до 36 об. % (2–40 мас. %).

Механические испытания композитов проводили на динамометрической установке 2038Р-005 при скорости растяжения 20 мм/мин. Образцы для испытаний представляли собой двусторонние лопатки с размером рабочей части 5 × 35 мм.

Поверхность деформированных образцов изучали с помощью растрового электронного микроскопа "Hitachi S-520".

Калориметрические исследования полимера выполняли на термоанализаторе T 4000 фирмы "Mettler" в температурном интервале 0–160°C при скорости повышения температуры 10 град/мин. Температура начала плавления, определенная при отклонении термограммы от базовой линии, равна 70°C; температура экстремума – 130°C.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Переход от одного типа разрушения композита к другому зависит от целого ряда прочностных и деформационных характеристик матричного полимера: верхнего σ_y и нижнего σ_d предела текучести, прочности при разрыве σ_m , деформации формирования шейки ε_d^0 , естественной степени

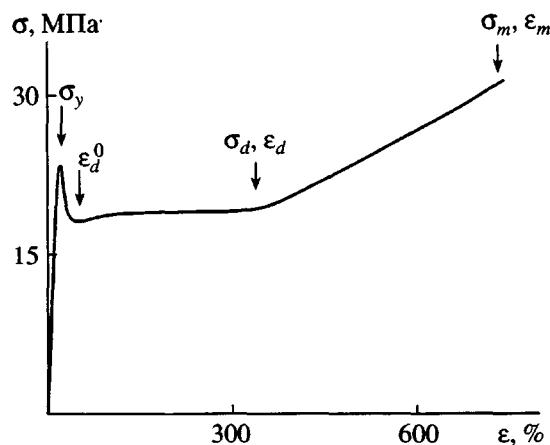


Рис. 1. Кривая растяжения ПЭ. Пояснения в тексте.

вытяжки полимера в шейке ε_d и деформации при разрыве ε_m [6, 11, 12]. Перечисленные характеристики отмечены на диаграмме растяжения ПЭ средней плотности, представленной на рис. 1. Повышение температуры приводит к снижению механических характеристик полимера, но механизм его деформирования остается неизменным – во всем температурном интервале при растяжении ПЭ образуется шейка, разрыв происходит на стадии упрочнения.

На рис. 2 приведены температурные зависимости верхнего σ_y и нижнего σ_d пределов текучести, а также прочности ПЭ σ_m . Величины σ_y , σ_d и σ_m линейно снижаются с ростом температуры, но скорость снижения прочностных параметров полимера различна. Угол наклона прямых уменьшается в ряду прочность–предел текучести–нижний предел текучести. Напряжение распространения шейки наименее чувствительно к изменению температуры. Здесь же представлены температурные зависимости деформационных характеристик ненаполненного ПЭ. Деформация формирования шейки ε_d^0 и деформация при разрыве ε_m увеличиваются с повышением температуры. Напротив, естественная степень вытяжки шейки ε_d монотонно снижается. Уменьшение величины ε_d^0 в совокупности с уменьшением высоты зуба текучести (разница между σ_y и σ_d) указывают на то, что степень неоднородности течения ПЭ в шейке с ростом температуры становится менее выраженной.

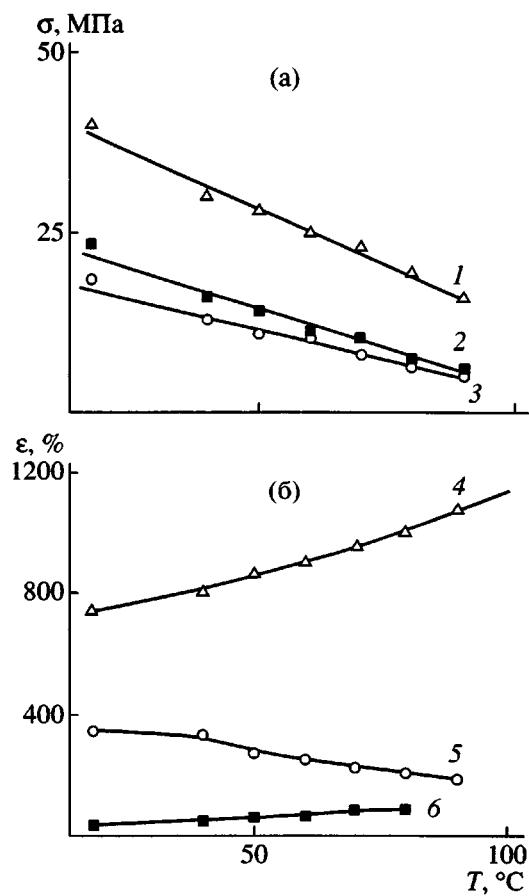


Рис. 2. Температурные зависимости прочности σ_m (1), верхнего σ_y (2) и нижнего σ_d (3) пределов текучести ПЭ, деформации при разрыве (4), естественной вытяжки в шейке (5) и деформации образования шейки ПЭ (6).

Наполнение полимера частицами резины приводит к изменению его поведения при растяжении. С увеличением содержания наполнителя наблюдается последовательная смена механизмов разрушения композита от устойчивого распространения шейки (исходный полимер) к разрыву при распространении шейки (называемому также неустойчивым ростом шейки), затем к квазихрупкому разрушению при формировании шейки и, наконец, к макрооднородному пластическому течению материала [11]. Рассмотрим влияние температуры на деформационное поведение трех композитов ПЭ–резина, которые при комнатной температуре имеют различные механизмы разрушения. Первый при комнатных условиях деформируется с образованием и ростом шейки (6 об. % наполнителя), второй разрушается квазихрупко (17 об. %), а третий удлиняется макрооднородно (36 об. %).

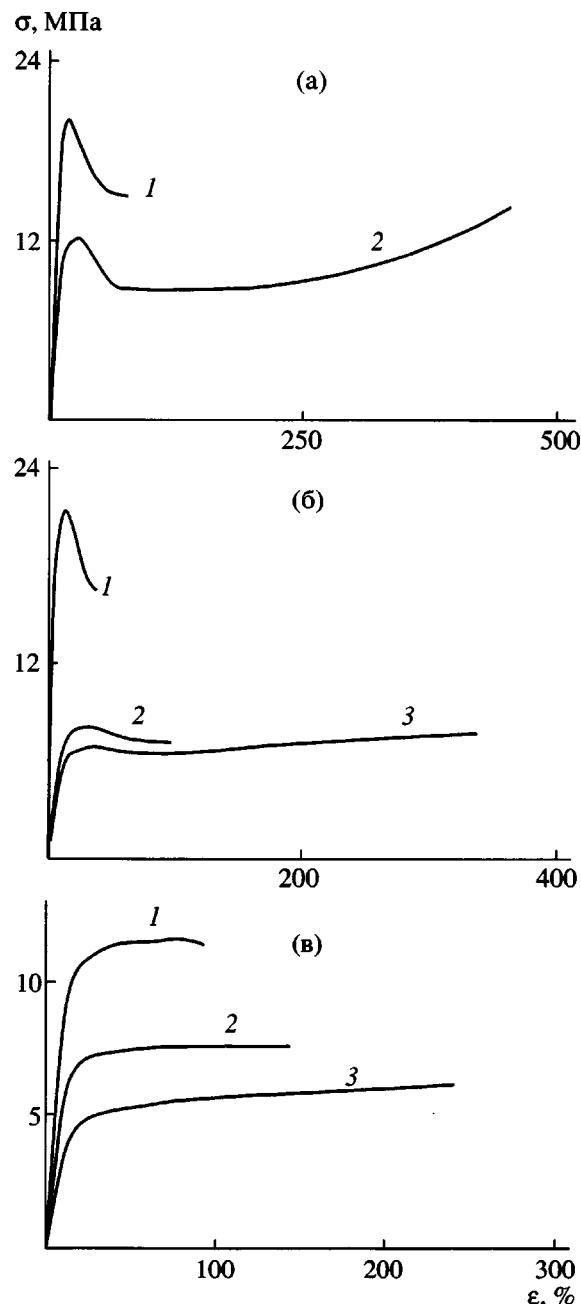


Рис. 3. Кривые растяжения композита ПЭ–резина, содержащего 6 (а), 17 (б) и 36 об. % наполнителя (в), при различных температурах. а: $T = 20$ (1) и 70°C (2); б, в: $T = 20$ (1), 60 (2) и 80°C (3).

На рис. 3 приведены диаграммы деформирования композита ПЭ–резина, содержащего 6 об. % наполнителя. При 20°C в композите образуется шейка и материал разрушается при ее распространении (кривая 1). С повышением температуры характер разрыва изменяется и разрушение происходит на стадии упрочнения (кривая 2). Композит с концентрацией частиц резины 17 об. % при

20°C разрушается при формировании шейки (рис. 3б, кривая 1), а при 60°C – при распространении шейки (кривая 2). Дальнейшее увеличение температуры вызывает разрыв материала на стадии упрочнения (кривая 3). Полимер со степенью наполнения 36 об. % деформируется макрооднородно (рис. 3в) во всем диапазоне температур.

Таким образом, при повышении температуры происходит последовательная смена механизмов разрушения от квазихрупкого разрыва при формировании шейки к разрушению при распространении шейки и затем к пластическому разрыву на стадии упрочнения. Разрушение при распространении шейки является переходным от хрупкого к пластическому поведению материала. Характер разрыва композита изменяется в том случае, если в композите при комнатной температуре образуется шейка.

На рис. 4а приведена зависимость прочности композита σ_c от температуры. Вид кривых определяется содержанием наполнителя. При степени наполнения 6 об. % (кривая 1) прочность имеет максимум при ~70°C. При невысоких температурах ($T \leq 50^\circ\text{C}$) композит разрушается при распространении шейки. Прочность при увеличении температуры от 20 до 50°C снижается. В интервале 60–70°C происходит хрупко-пластичный переход, сопровождаемый аномальным возрастанием прочности. При дальнейшем повышении температуры прочность снова снижается. Учитывая, что при $T \geq 70^\circ\text{C}$ механизмы деформирования композита и матричного полимера одинаковы (распространение шейки и последующее упрочнение), уменьшение прочности с ростом температуры можно связать со снижением прочности ПЭ.

Прочность композита, содержащего 13 об. % частиц резины, также имеет максимум, но его положение сдвинуто в сторону более высоких температур, так как переход к пластическому поведению происходит при более высокой температуре (80°C). Высота максимума на кривой $\sigma_c - T$ для этого композита меньше, чем при $V_f = 6$ об. %. Увеличение содержания наполнителя до 17 об. % приводит к вырождению максимума на температурной зависимости прочности (кривая 3). Переход от квазихрупкого к пластичному поведению происходит в интервале 80–90°C и характеризуется плато на зависимости $\sigma_c - T$. Композит с содержанием 37 об. % частиц резины деформируется

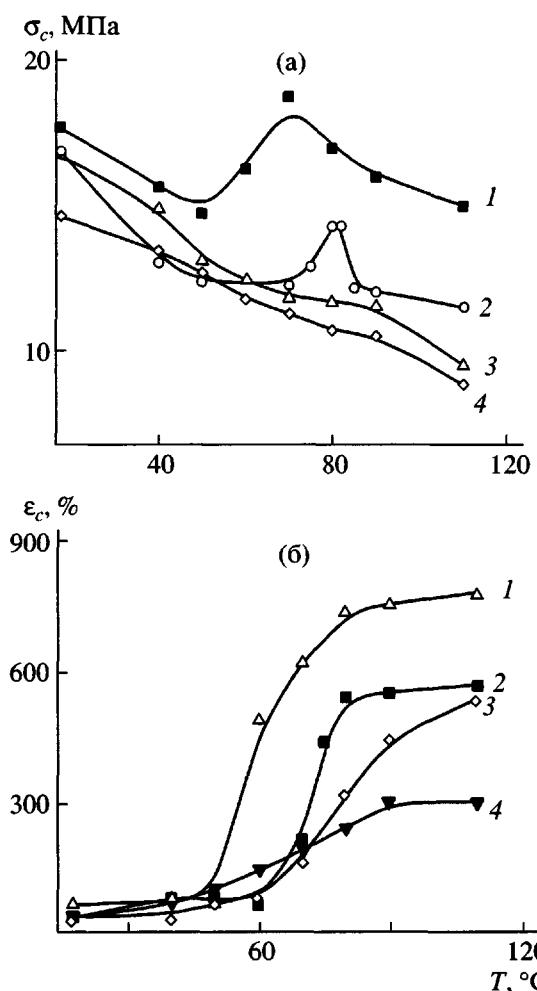


Рис. 4. Температурные зависимости прочности (а) и деформации при разрыве (б) композита ПЭ-резина, содержащего 6 (1), 13 (2), 17 (3) и 36 об. % наполнителя (4).

макрооднородно во всем исследованном температурном интервале, и прочность монотонно снижается с ростом температуры (кривая 4).

Температурные зависимости деформации при разрушении композитов ε_c представлены на рис. 4б. Для материалов с концентрацией частиц менее 17 об. % кривые $\varepsilon_c - T$ имеют вид ступени, что связано с переходом от квазихрупкого к пластичному поведению (кривые 1–3). В интервале квазихрупкого разрушения деформация при разрыве повышается незначительно, а при изменении механизма разрушения величина ε_c резко возрастает. Если растяжение материала происходит однородно во всем интервале температур, его деформативность монотонно увеличивается с ростом температуры (кривая 4). Таким образом, с повы-

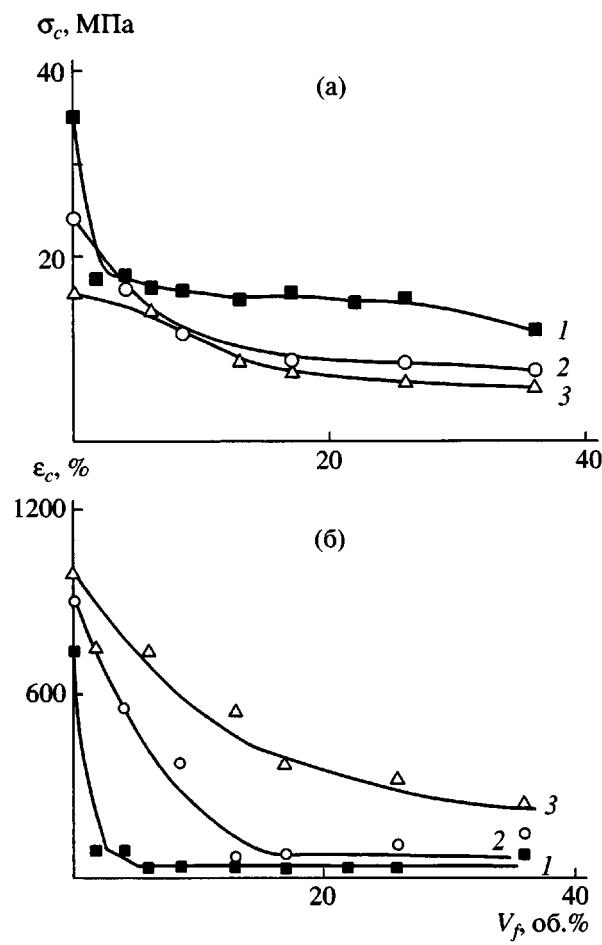


Рис. 5. Концентрационные зависимости прочности (а) и деформации при разрыве (б) композита ПЭ–резина при 20 (1), 60 (2) и 80°C (3).

шением температуры деформируемость композитов при фиксированной степени наполнения увеличивается. При небольших степенях наполнения предельное удлинение материалов возрастает скачкообразно.

На рис. 5 приведены характерные концентрационные зависимости прочности (а) и предельной деформации (б) композитов при разных температурах. С повышением степени наполнения и повышением температуры прочность композитов снижается. Деформативность материалов увеличивается с ростом температуры.

Повышение температуры приводит к изменению вида зависимости $\epsilon_c - V_f$. При комнатной температуре величина ϵ_c при малом (2–8 об. %) содержании наполнителя снижается от 740 до 35% (рис. 5б, кривая 1), что связано с охрупчиванием композита [11, 13]. При концентрации наполните-

ля более 20 об. % деформируемость остается практически постоянной.

Как видно из рис. 5б, при 80°C предельная деформация композита монотонно уменьшается при увеличении степени наполнения (кривая 3). Сравнение кривых растяжения материала, содержащего разное количество частиц резины, при этой температуре (рис. 3) показывает, что во всем диапазоне температур наблюдается пластичное поведение композита. Увеличение степени наполнения выше 17 об. % приводит к переходу от распространения шейки к однородному деформированию. При дальнейшем увеличении содержания частиц резины материал деформируется макрооднородно. Такие переходы называют пластично-пластичными. Переход от распространения шейки к макрооднородному деформированию происходит, минуя стадию квазихрупкого разрыва.

Согласно работе [13], хрупкое поведение композита при 20°C обусловлено микроскопическими процессами образования и роста пор ромбовидного вида, которые “разрезают” материал при низких деформациях. С целью изучения влияния температуры на образование и поведение ромбовидных трещин были проведены микроскопические исследования поверхности композита.

На рис. 6а, бб представлены снимки поверхности ПЭ, содержащего 13 об. % частиц резины и разрушенного при 60°C. Разрыв материала произошел при распространении шейки. В этой области наблюдаются поры как ромбовидного (а), так и овального вида (б). Створки ромбовидной поры образуют угол ~140°. Этот дефект при растяжении образца развивается в двух направлениях – перпендикулярно и параллельно оси вытяжки образца, в отличие от овальных пор, рост которых происходит преимущественно параллельно оси растяжения композита [13]. Материал разрушался путем поперечного прорастания ромбовидной трещины через все его сечение. Образование пор аналогичного вида наблюдалось и в материале при более низких температурах.

На рис. 6 в, бг показана поверхность композита того же состава, но разрушенного при 80°C. При этой температуре образование пор ромбовидного вида не наблюдалось. Овальные поры, в отличие от ромбовидных, не являются “опасными” и не приводят к хрупкому разрушению композита [13]. На приведенных снимках хорошо

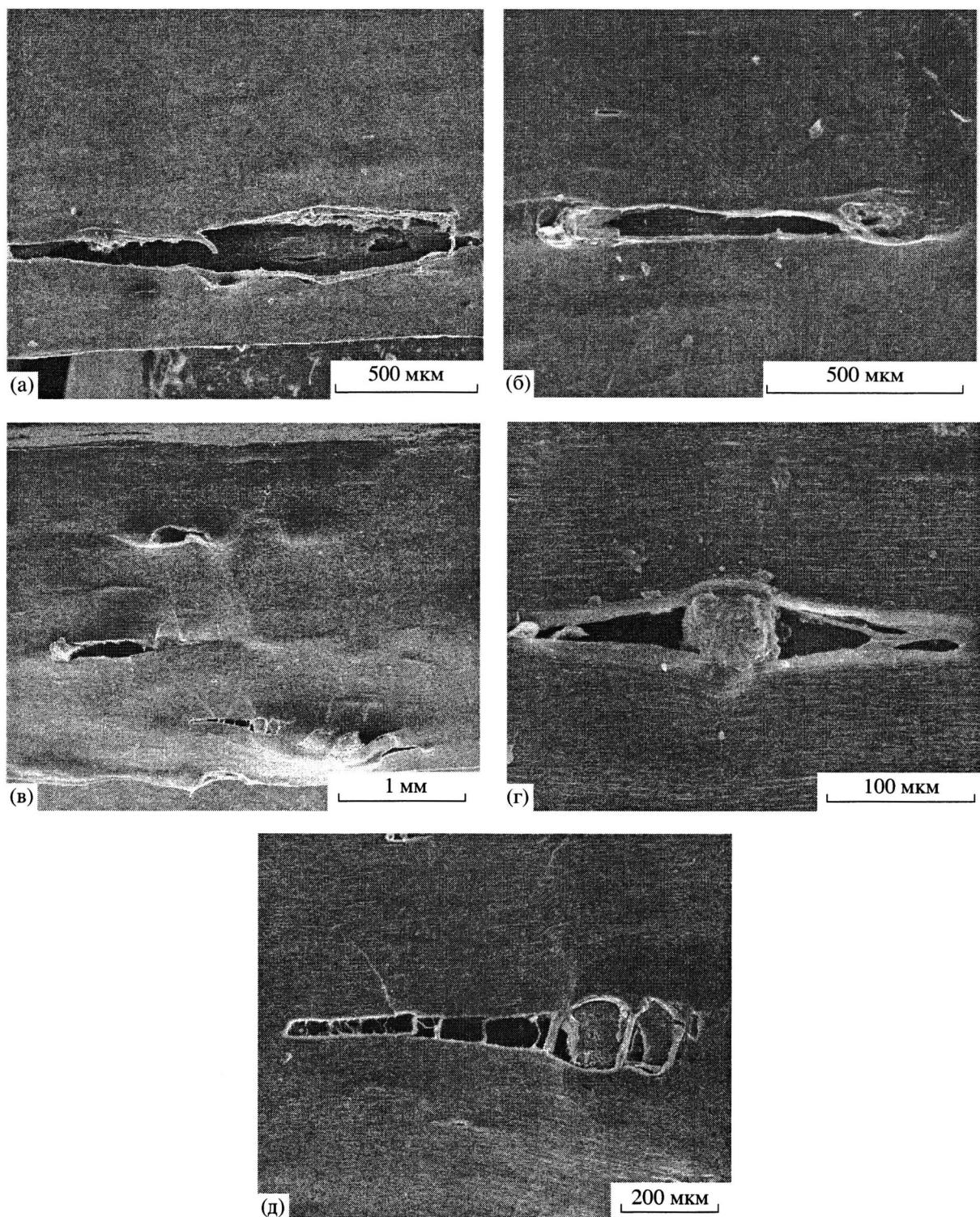


Рис. 6. Вид пор, образовавшихся при растяжении композита ПЭ–резина с 13 об. % наполнителя при 60 (а, б) и 80°C (в–д). Стрелка показывает направление растяжения образца.

просматривается ориентированная структура матричного полимера, которая имеет вид тяжей или волокон. При растяжении материала при 80°C на его поверхности обнаружены поры, образование

которых при более низких температурах не наблюдалось. На рис. 6д показан вид такого дефекта. Он сформировался после отслоения ПЭ от крупной частицы резины. Его края соединены во-

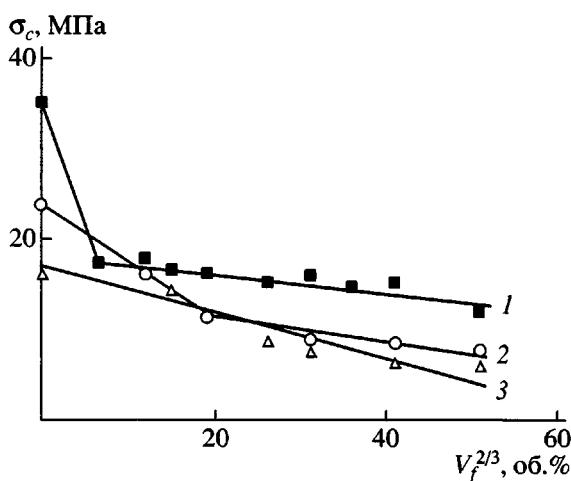


Рис. 7. Зависимость прочности композита ПЭ-резина в координатах уравнения (1) при 20 (1), 60 (2) и 80°C (3).

локнами, часть из которых разрушена. Рост поры происходил параллельно оси растяжения образца между волокнами матричного полимера. Заметим, что в композитах ПЭ средней плотности–резина, деформированных при более низких температурах, отслоение крупной частицы резины от матричного полимера неизбежно приводит к появлению ромбовидной поры и ее развитию как параллельно, так и перпендикулярно оси растяжения [13]. Отсутствие поперечного роста поры свидетельствует об уменьшении тангенциальных напряжений в шейке с повышением температуры. Возможно, это обстоятельство является причиной отсутствия ромбовидных трещин в композите при 80°C.

Образование и развитие дефектов вида, показанного на рис. 6д, более характерно для волокнистых композитов [14]. При растяжении однородных армированных материалов вдоль оси волокон возникающие нормальные напряжения существенно превышают тангенциальные. В результате сформированная трещина распространяется вдоль волокон по межфазной границе волокно–матрица. Мягкая по сравнению с волокном матрица препятствует развитию трещины поперек оси вытяжки.

Итак, микроскопические исследования показали, что при 80°C подавляется образование ромбовидных пор и, как следствие, увеличивается его деформативность. Отсутствие опасных трещин

является причиной пластичного деформирования композита.

Сравнивая овальные поры, появившиеся при 60 и 80°C (рис. 6б, 6г), можно заметить следующее. При более низкой температуре поры формируются вследствие разрушения эластичных частиц, а при повышенной температуре овальная пора появляется в результате отслоения наполнителя от матрицы. Наблюдается тенденция перехода к адгезионному разрушению композита. Вероятно, это связано с тем, что модуль упругости резины повышается с ростом температуры, и для ее растяжения необходимы большие по сравнению с комнатной температурой напряжения [15]. В термопластах, наоборот, при увеличении температуры снижаются напряжения, возникающие при растяжении полимера. Возможно, данные различия в поведении кристаллической матрицы (ПЭ) и эластичного наполнителя приводят к тому, что напряжения в матрице становятся меньше, чем это необходимо для растяжения частиц резины. В результате матричный полимер отслаивается от наполнителя.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Зависимость прочности композита от степени наполнения анализировали в рамках решеточной модели материала, предложенной Smith [16]. Прочность полимера, наполненного частицами резины, описывается суммой напряжений в матрице и частицах с учетом их площади в слабейшем сечении [10]

$$\sigma_c = \sigma_m(1 - V_f^{2/3}) + \sigma_f V_f^{2/3}, \quad (1)$$

где σ_m и σ_f – соответственно напряжение в матрице и частицах при разрушении композита. Если эластичный наполнитель отслаивается от матричного полимера или разрушается задолго до разрыва композита, как это происходит в материале на основе ПЭ средней плотности, величина σ_f равна нулю [11]. Согласно выражению (1), зависимость прочности наполненного полимера от концентрации частиц должна описываться прямой линией в координатах $\sigma_c - V_f^{2/3}$. На рис. 7 показаны характерные зависимости прочности исследованных композитов при разных температурах от $V_f^{2/3}$. Экспериментальные результаты, полученные при $T < 80^\circ\text{C}$, описываются двумя прямыми

ми, что связано с переходом от пластичного к квазихрупкому разрыву. Точка пересечения линий соответствует концентрации V_f^* , при которой наблюдается переход от одного типа разрушения к другому. Величина V_f^* увеличивается с ростом температуры. Для композитов, разрушенных при 80°C, экспериментальные точки описываются единой прямой в координатах $\sigma_c - V_f^{2/3}$.

Экстраполируя зависимость $\sigma_c - V_f^{2/3}$ при $V_f > V_f^*$ к $V_f = 0$, определяем напряжение в матричном полимере при квазихрупком разрыве. Для композитов, деформированных при 20–70°C, полученные значения близки к нижнему пределу текучести матричного полимера, что связано с разрушением композита при распространении или формировании шейки. На рис. 8 сопоставлены значения, определенные при экстраполяции зависимостей $\sigma_c - V_f^{2/3}$ при $V_f > V_f^*$, с величинами нижнего предела текучести ПЭ при разных температурах. Зависимость линейна и имеет угол наклона, близкий к 45°. Это свидетельствует о том, что при квазихрупком разрушении прочность композита определяется не пределом прочности матричного полимера, а напряжением вытяжки шейки.

Зависимость $\sigma_c - V_f^{2/3}$ линейна во всей области степеней наполнения для композитов, испытанных при 80°C. В данном случае прочность материала определяется предельной прочностью матричного полимера.

Охрупчивание композитов связано с образованием шейки в наполненном матричном полимере [4–7]. Так, материал на основе однородно деформирующегося термопласта не охрупчивается. Согласно результатам, полученным при исследовании композитов с жесткими частицами наполнителя [4, 17, 18], охрупчивание материала можно избежать, если в качестве матрицы использовать полимер с высоким коэффициентом упрочнения, который определяется как отношение прочности к нижнему пределу текучести. При 20 и 60°C коэффициенты упрочнения ПЭ равны 1.8 и 2.8, но при введении частиц резины полимер резко теряет деформативность. Охрупчивание композитов в данном случае связано с образованием и ростом

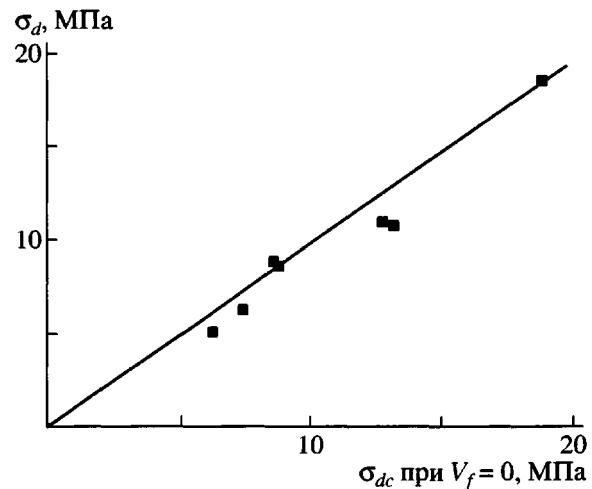


Рис. 8. Корреляция нижнего предела текучести матричного полимера с величинами прочности, полученными при экстраполяции. Пояснения в тексте.

ромбовидных пор, которые нивелируют свойства матричного полимера [13].

Степень упрочнения ПЭ при 80°C равна 3.1. В ходе растяжения композита при этой температуре в нем не образуются ромбовидные поры, приводящие к быстрой потере деформативности материала при более низких температурах. При отсутствии ромбовидных трещин реализуются свойства матричного полимера, а именно, влияние упрочнения на деформационное поведение наполненного полимера. Композит на основе полимера с высоким коэффициентом упрочнения не охрупчивается.

Таким образом, повышение температуры изменяет характер разрушения композита ПЭ–резина от квазихрупкого к пластичному на стадии упрочнения. Переход сопровождается ростом деформативности, а в некоторых случаях и прочности материала, несмотря на увеличение температуры. Температура перехода зависит от степени наполнения полимера и повышается с ростом содержания частиц резины. Характер разрушения материала, деформирующегося макрооднородно, не изменяется с увеличением температуры.

Повышение температуры подавляет образование ромбовидных трещин в матрице, появление и рост которых приводят к разрушению наполненного ПЭ средней плотности при небольших удлинениях. Отсутствие “опасных” пор и большой коэффициент упрочнения матричного поли-

мера обуславливают высокую деформативность материала и предотвращают его охрупчивание с ростом содержания частиц резины.

При всех температурах влияние наполнителя на прочность композита описывается законом "двух третей". Однако при квазихрупком разрушении параметр уравнения (1) изменяется, и прочность композита определяется не прочностью матрицы, а ее нижним пределом текучести.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакнелл К.Б. Ударопрочные пластики. Л.: Химия, 1981.
2. Гольдман А.Я., Поляков Ю.С., Курбатова И.В., Сибирякова Н.А. // Пласт. массы. 1972. № 7. С. 17.
3. Граузэр Е.М., Лебедева Е.Д., Ениколопова Н.Б., Шембель А.С., Паверман Н.Г. // Пласт. массы. 1988. № 5. С. 23.
4. Bazhenov S. // Plastics Additives. London: Chapman and Hall, 1998. P. 252.
5. Берлин Ал.Ал., Тополкараев В.А., Баженов С.Л. // Сб. науч.тр. "Физические аспекты прогнозирования разрушения и деформирования". Л.: ФТИ, 1987.
6. Bazhenov S. // Polym. Eng Sci. 1995. V. 35. № 10. P. 813.
7. Баженов С.Л., Авинкин В.С., Серенко О.А. // Докл. РАН. 2002. Т. 382. № 3. С. 341.
8. Компаниец Л.В., Ерина Н.А., Чепель Л.М., Зеленецкий А.Н., Прут Э.В. // Высокомолек. соед. А. 1997. Т. 39. № 7. С. 1219.
9. Баранов А.О., Ерина Н.А., Мединцева Т.И., Кунцов С.А., Прут Э.В. // Высокомолек. соед. А. 2001. Т. 43. № 11. С. 2001.
10. Баженов С.Л., Гончарук Г.П., Кунянц М.И., Авинкин В.С., Серенко О.А. // Высокомолек. соед. А. 2002. Т. 44. № 4. С. 637.
11. Серенко О.А., Гончарук Г.П., Авинкин В.С., Кечекьян А.С., Баженов С.Л. // Высокомолек. соед. А. 2002. Т. 44. № 8. С. 1399.
12. Серенко О.А., Гончарук Г.П., Баженов С.Л. // Докл. РАН. 2002. Т. 387. № 3. С. 329.
13. Серенко О.А., Насруллаев И.Н., Баженов С.Л. // Высокомолек. соед. А. 2003. Т. 45. № 5. С. 757.
14. Пейгано Н. Межслойные эффекты в композиционных материалах. М.: Мир, 1993.
15. Гуль В.Е., Кулезнев В.Н. Структура и механические свойства полимеров. М.: Высшая школа, 1972.
16. Smith T.L. // Trans. Soc. Reology. 1959. V. 3. P. 113.
17. Тополкараев В.А., Горбункова Н.В., Дубников И.Л., Парамзина Т.В., Дьячковский Ф.С. // Высокомолек. соед. А. 1990. Т. 32. № 10. С. 2210.
18. Bazhenov S., Li J.X., Hiltner A., Baer E. // J. Appl. Polym. Sci. 1994. V. 52. № 2. P. 243.

Effect of Temperature on the Fracture Mechanism of a Polyethylene–Rubber Composite

O. A. Serenko*, G. P. Goncharuk*, I. N. Nasrullaev**, G. M. Magomedov***,
E. S. Obolonkova*, and S. L. Bazhenov*

*Enikolopov Institute of Synthetic Polymeric Materials, Russian Academy of Sciences,
ul. Profsoyuznaya 70, Moscow, 117393 Russia

**Moscow State Pedagogical University,
ul. Malaya Pirogovskaya 1, Moscow, 119992 Russia

***Dagestan State Pedagogical University,
ul. Yaragskogo 57, Makhachkala, 367003 Russia

Abstract—The effect of temperature on the mechanical properties of medium-density PE filled with rubber particles is studied. As the temperature is increased, the mechanism of the deformation behavior of the rubber-filled PE composite changes from quasi-brittle to plastic fracture. This transition is accompanied by an increase in the deformability and sometimes also in the strength of the material. The temperature at which the mechanism of fracture changes depends on the degree of filling and increases with the content of rubber particles. A temperature increase is found to suppress the development of diamond-shaped cracks in the matrix, which are responsible for the low deformability of the filled composite. The absence of dangerous voids and a high hardening coefficient of the matrix polymer account for a high deformability of the material and prevent any increase in the brittleness with increasing content of rubber particles.