

УДК 541(15 + 64):539.3

© 1992 г. А. К. Караджев, Р. Б. Гнездилова, Д. А. Горьков,
В. Г. Никольский, Н. М. Стырикович, В. В. Филиппов,
Э. Э. Финкель, А. С. Кечекьян

УПРУГОДЕФОРМАЦИОННОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ
РАДИАЦИОННО-СШИТОГО ПОЛИЭТИЛЕНА
НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

Исследована возможность упругодеформационного измельчения радиационно-сшитого полиэтилена низкой плотности с различными поглощенными дозами в интервале от 0 до 1 МГр. Получены порошки со средним размером частиц, не превышающим 100 мкм. Установлено, что диспергирование может осуществляться как в температурной области кристаллизации материала, так и при более высоких температурах. Определено влияние измельчения на содержание гель-фракции в материале. Методами электронной и оптической микроскопии, газопоглощения и дифференциальной сканирующей калориметрии исследована структура и основные свойства полученных порошков. Показано, что несмотря на наличие трехмерной сетки в порошковых частицах блочные изделия из таких порошков обладают достаточно высокими прочностными характеристиками.

Процессы упругодеформационного (УД) измельчения синтетических и природных полимеров получили за последние годы широкое распространение. В таких процессах полимеры подвергают деформированию сдвигом в объемно-напряженном состоянии, что сопровождается их множественным разрушением и образованием высокодисперсных порошковых материалов. При изучении УД-разрушения некоторых термопластов было установлено [1], что наиболее интенсивно это разрушение осуществляется в температурных интервалах плавления (кристаллизация). На примере ПЭНП было установлено также, что скорость диспергирования, удельные энергозатраты и средний размер образующихся порошковых частиц существенно зависят от ММР полимера: уменьшение содержания низкомолекулярных фракций в исходном полиэтилене приводит к тому, что в процессе измельчения происходит образование более крупных частиц [2].

В отличие от термопластов тонкое диспергирование резин УД-методами было осуществлено в высокоэластическом состоянии [3, 4]. Выполненное в экспериментах по плунжерной экструзии [5] исследование механизма множественного разрушения эластомеров показало, что диспергирование в сложно-напряженном состоянии начинается лишь при достижении некоторого критического значения накопленной материалом высокоэластической деформации. До настоящего времени практически не был исследован процесс УД-измельчения сшитого ПЭНП, сочетающего свойства термопласта со свойствами сшитого эластомера. Такое сочетание свойств делает сшитый ПЭНП весьма интересным объектом при изучении специфики и механизма

УД-измельчения. В настоящей работе исследованы возможность и основные закономерности УД-измельчения радиационно-сшитого ПЭНП с содержанием гель-фракции от 0 до 85%. Исследованы также структура и некоторые свойства образующихся при этом порошков.

В качестве исходного материала брали гранулы промышленного ПЭНП марки 16803-070. Облучение гранул в диапазоне от 20 кГр до 1 МГр проводили при комнатной температуре на источнике ^{60}Co с интенсивностью 5 кГр/ч в откаченной колбе, затем заполненной гелием. Высокодисперсное измельчение гранул сшитого ПЭНП осуществляли в так называемом роторном диспергаторе, который ранее использовали для измельчения необлученного ПЭНП, других полиолефинов и их смесей [6]. Предварительно нагретые в экструдере до 150° гранулы сшитого ПЭНП подавали под давлением в зону измельчения. При продвижении вдоль этой зоны материал охлаждали и одновременно подвергали воздействию интенсивных силовых полей сжатия и сдвига. В конечном итоге это приводило к разрушению материала и образованию высокодисперсного порошка.

Полученные порошки сшитого ПЭНП анализировали методами электронной и оптической микроскопии, газопоглощения, статистического анализа дисперсного состава и ДСК. Исследовали также деформационно-прочностные свойства пленок исходного полиэтилена, пленок, подвергнутых γ -облучению в тех же условиях, что и гранулы, и пленок, изготовленных из порошков сшитого ПЭНП путем горячего прессования. Измерения осуществляли на разрывной машине «FPZ-10» (ГДР). Вырезанные из пленок образцы имели ширину 2 и длину 12—15 мм. Деформационно-прочностные кривые таких образцов получали в режиме одноосной вытяжки со скоростью 50 мм/мин при 20 и 90°.

По сложившимся представлениям [1, 2, 5] разрушение материала в условиях УД-воздействия происходит в результате накопления упругой энергии, которая при сдвиговой деформации реализуется в образовании новой поверхности. Возможность множественного разрушения в этом случае определяется двумя факторами: наличием у материала упругих свойств и гетерогенностью его структуры, обеспечивающей необходимую для разрушения концентрацию механических напряжений. В необлученном ПЭНП оптимальные условия для высокодисперсного УД-измельчения проявляются в температурном интервале кристаллизации [1, 2]. Легкость разрушения ПЭНП авторы работ [7, 8] объясняют образованием при этих температурах гетерогенной структуры, в которой благодаря наличию низкомолекулярной фракции образуются достаточно протяженные аморфные прослойки между отдельными кристаллитами. При этом температурный интервал измельчения ограничен сверху температурой перехода в вязкотекущее состояние.

В отличие от необлученного сшитый ПЭНП при повышенных температурах (т. е. выше температуры плавления кристаллитов) не переходит в вязкотекущее состояние. Благодаря наличию трехмерной сетки он находится в высокоэластическом состоянии, причем с увеличением плотности сетки упругие свойства усиливаются. Поэтому в принципе становится возможным его измельчение даже при повышенных температурах. Учитывая это, в экспериментах по диспергированию сшитого ПЭНП температурный режим варьировали в широких пределах.

Перед подачей в зону измельчения материал прогревали до 150°. Затем его подавали в зону измельчения, на выходе которой устанавливали и поддерживали при помощи системы терmostатирования заданную конечную температуру $T_{\text{вых}}$. Величину $T_{\text{вых}}$ варьировали в диапазоне 60—150°, включающем интервал кристаллизации расплава (по данным ДСК температура начала кристаллизации $T_{\text{кр}} = 90^\circ$). Результаты экспериментов показали, что диспергирование сшитого ПЭНП успешно осуществляется как при $T_{\text{вых}} < T_{\text{кр}}$, так и при $T_{\text{вых}} > T_{\text{кр}}$. При этом на измельчение сшитого ПЭНП в аморфном

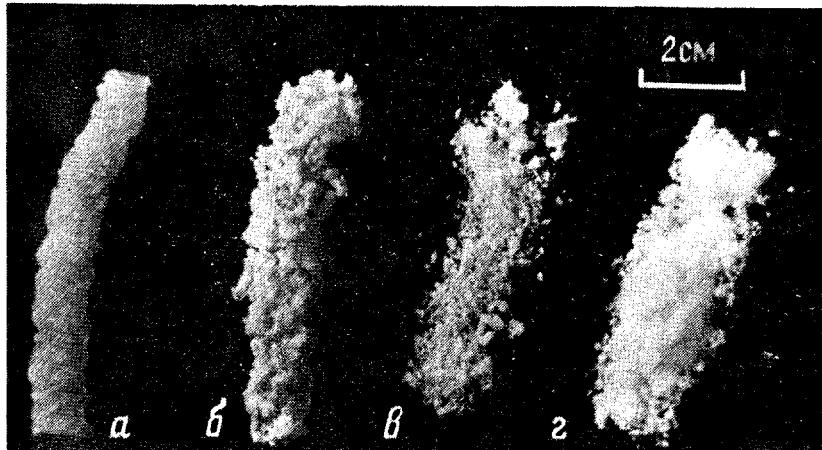


Рис. 1. Изменение общего вида материала (сшитый ПЭНП с дозой 100 кГр) в зависимости от температуры $T_{\text{вых}}$ на выходе измельчителя: а — 120, б — 100, в — 90 и г — 70°. Пояснения в тексте

высокоэластическом состоянии основное влияние оказывала плотность трехмерной сетки (ранее определяющее влияние сетки на измельчение сшитых эластомеров при их твердофазной экструзии отмечали в работе [5]). В частности, «сильносшитые» материалы, у которых поглощенная доза составляла 200—1000 кГр, эффективно измельчались в диспергаторе при любом значении $T_{\text{вых}}$.

При этом, пока $T_{\text{вых}}$ превышала $T_{\text{кр}}$, размер образующихся порошковых частиц практически не зависел от $T_{\text{вых}}$ и определялся только плотностью сетки исходного сшитого ПЭНП. Слабосшитые материалы при $T_{\text{вых}} = 150^\circ$ выходили из диспергатора в виде струи расплава. Измельчить эти материалы удавалось лишь тогда, когда значение $T_{\text{вых}}$ понижали. Например, струя расплава сшитого ПЭНП с поглощенной дозой 100 кГр превращалась при $T_{\text{вых}} = 100^\circ$ в эластичный стержень, поверхность которого была покрыта микротрецинами и содержала большое количество слабосвязанных рыхлых частиц (рис. 1). Дальнейшее понижение $T_{\text{вых}}$ сопровождалось распространением разрушения от поверхности к центру шнура. При значении $T_{\text{вых}} = 90^\circ$ происходило полное разрушение материала с образованием грубодисперсного (средний размер частиц $d_{\text{ср}} = 90$ мкм) порошка.

При $T_{\text{вых}} < T_{\text{кр}}$ материалы с различной плотностью сетки вели себя в процессе измельчения сходным образом: при понижении $T_{\text{вых}}$ от 90 до 70° средний размер порошковых частиц у всех материалов уменьшался в несколько раз и при дальнейшем понижении $T_{\text{вых}}$ практически не менялся. Таким образом, для получения высокодисперсных порошков необходимо было в каждом случае задавать величину $T_{\text{вых}}$ ниже 70°. Учитывая это, мы уделили основное внимание получению порошков сшитого ПЭНП при $T_{\text{вых}} = 40^\circ$ и исследованию их структуры и свойств в зависимости от величины поглощенной дозы сшитого ПЭНП. Результаты исследования таких порошков приведены ниже.

Порошки сшитого ПЭНП были изучены с помощью оптического микроскопа МИМ-7. Исследование в поляризованном свете показало, что порошки сшитого ПЭНП обладали двулучепреломляющими свойствами. Особенно сильно этот эффект был выражен у порошков сшитого ПЭНП с большими исходными дозами (600—1000 кГр). Частицы таких порошков при скрещении поляроидов давали яркие рефлексы. Причиной двулучепреломления в данном случае являлась, по-видимому, ориентация, возникающая на стадии диспергирования. Отжиг порошков при 95° в течение

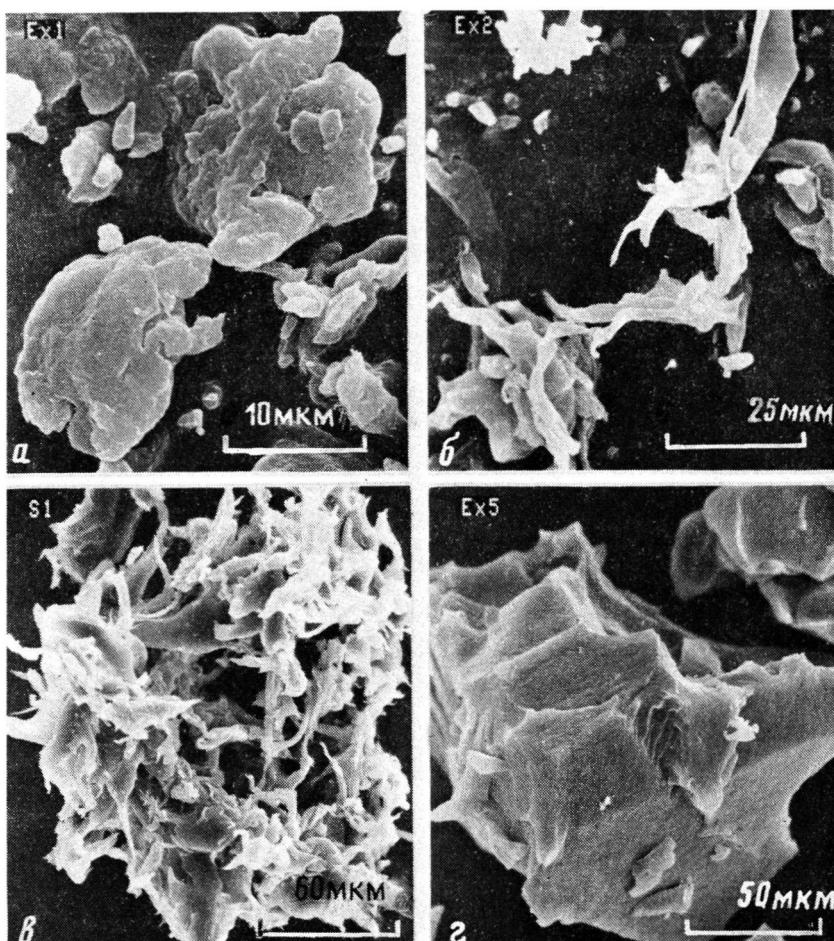


Рис. 2. Электронные микрофотографии частиц порошков сшитого ПЭНП с поглощенными дозами 0 (а), 200 (б), 400 (в) и 1000 кГр (г)

1 ч частично снимал ориентационные эффекты, о чем можно было судить по ослаблению рефлексов при скрещении поляроидов.

Более подробную информацию об исследуемых порошках дало электронно-микроскопическое исследование. Оно было выполнено на приборе S-520 (Scanning Electron Microscope) фирмы «Hitachi». Микрофотографии частиц некоторых порошков приведены на рис. 2. В качестве объекта сравнения представлены частицы порошка необлученного ПЭНП (рис. 2, а). Последние имеют окружную форму и несложенный волнистый рельеф поверхности. У этого порошка практически отсутствуют частицы анизотропной формы. На рис. 2, б—г показаны частицы порошков сшитого ПЭНП. Видно, что при измельчении сшитого ПЭНП с поглощенной дозой 200 кГр и содержанием гель-фракции 60% образуются сильно вытянутые частицы. Вытянутые элементы также являются структурными элементами порошковых частиц при измельчении сшитого ПЭНП с дозой 400 кГр (рис. 2, в). У порошков сшитого ПЭНП с высокими дозами (рис. 2, г) частицы снова приобретают форму, близкую к изометрической. Однако поверхность таких частиц в отличие от частиц порошка необлученного ПЭНП уже не имела разветвленного рельефа и состояла из гладких граней с резкими краями. Такая форма поверхности характерна для хрупкого разрушения, когда

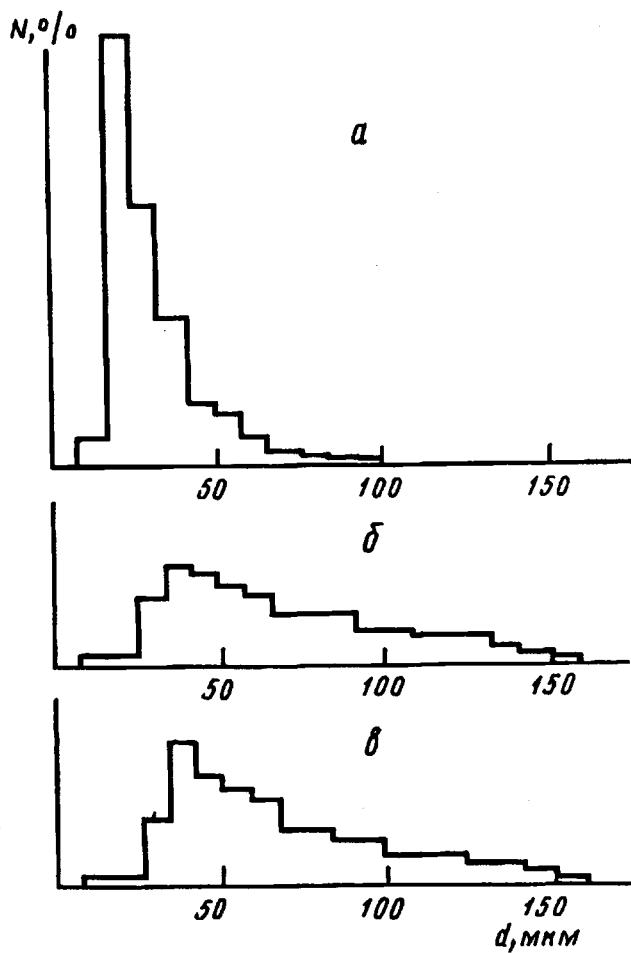


Рис. 3. Дисперсный состав порошков спицового ПЭНП с поглощенными дозами 0 (а), 400 (б) и 1000 кГр (в)

гладкие участки образуются в результате разрушения сколом. Таким образом, можно считать, что при увеличении дозы происходит «охрупчивание» материала. Интересно отметить в этой связи, как меняется от дозы деформируемость спицового ПЭНП при 90°. Ранее было показано [7], что необлученный ПЭНП марки 16803-070 разрушается в интервале 85—105° при очень низком удлинении, когда пластическая деформация практически не развивается. Проведенные нами измерения показали, что деформируемость спицового ПЭНП в интервале предплывления существенно зависит от дозы: в интервале 0—200 кГр она увеличивается почти в 1,8 раза, а далее с ростом дозы постепенно понижается (табл. 1). Эти данные коррелируют со степенью вытянутости порошковых частиц, полученных УД-измельчением (рис. 1).

Распределение частиц порошков по размерам определялось с помощью прибора «Magiscan-2». Статистическая обработка оптического изображения частиц осуществлялась встроенным компьютером по стандартным программам, входящим в комплект прибора. Поскольку частицы имели произвольную геометрическую форму, в качестве характеристики размера частицы использовали максимальный диаметр ее изображения. Обработку для каждого порошка проводили по 1000 частицам. Минимальный регистрируемый размер был задан 5 мкм, максимальный — 300 мкм. Полученные результаты пред-

Таблица 1

Свойства порошков спичного ПЭНП

Доза, кГр	$S_{уд} \cdot 10^{-3}$, м ² /кг	$d_{ср}$, мкм	$S_{уд}/S_{уд}^*$	$T_{пл}^0$	Разрывное удлинение пленок при 90°, %
0	2,68	13	5,2	106	350
200	1,19	49	8,5	103	640
400	0,34	62	3,1	101	490
600	0,18	89	2,3	99	390
1000	0,13	61	1,2	97	300

ставлены в виде гистограмм на рис. 3. В первую очередь обращает на себя внимание заметное различие между гистограммами порошков необлученного ПЭНП и спичного ПЭНП. У порошка необлученного ПЭНП распределение оказалось относительно узким, основная часть размеров укладывалась в диапазон от 5 до 50 мкм. В то же время у порошков спичного ПЭНП наглядно проявлялось уширение гистограмм в сторону больших размеров. Такое уширение, естественно, сопровождалось изменением высоты пика, соответствующего наиболее вероятному размеру частиц. При увеличении дозы до 400 кГр этот пик понижался, а затем, после 600 кГр, вновь увеличивался. Зависимость среднего размера частиц от дозы представлена в табл. 1. Видно, что значение среднего размера возрастало до 89 мкм при дозе 600 кГр, после чего при 1 МГр понижалось до 61 мкм.

Причиной увеличения доли крупных частиц является, по-видимому, то обстоятельство, что появление сетки приводит к некоторому выравниванию напряжений, возникающих в материале во время механического воздействия. Это эквивалентно уменьшению удельного числа микродефектов, являющихся зародышами разрушения. В результате происходит разрушение на более крупные, чем в случае необлученного ПЭНП, части, и гистограмма уширяется в сторону больших размеров. Кроме того, как уже было показано, при электронно-микроскопическом исследовании, порошки спичного ПЭНП с дозой 200—400 кГр имеют много вытянутых частиц, которые при выбранном способе статистической обработки учитываются по своему большему размеру. Наличие второй особенности — некоторого понижения среднего размера порошковых частиц в интервале доз 600—1000 кГр — можно связать с переходом от преимущественно пластического механизма разрушения (при дозах до 400 кГр) к хрупкому (при дозах 600 кГр и выше), что сопровождается уменьшением предельной деформируемости материала и доли остаточной деформации.

Для выяснения влияния процессов разрушения на плотность трехмерной сетки был выполнен сравнительный анализ относительного содержания гель-фракции в исходных гранулах, облученных до различных значений доз, и в порошках, полученных путем их измельчения (экстракция кипящим о-ксилолом). Результаты анализа представлены в табл. 2. Видно, что заметное (в 2 раза) уменьшение доли гель-фракции в результате измельчения имело место лишь в случае малой (60 кГр) дозы облучения. При больших дозах измельчение практически не меняло содержания гель-фракции. Это указывало на то, что интенсивные процессы деструкции сетки при диспергировании материала протекали преимущественно в местах возникновения новой поверхности, не затрагивая весь объем образующихся частиц. Распространению микротрешин от поверхности внутрь частиц спичного ПЭНП, по-видимому, препятствовала сетка. О глубине проникновения процессов разрушения в объем частицы можно судить по рельефу ее поверхности. Из электронно-микроскопических фотографий рис. 2 видно, что наиболее разветвленную поверхность имели частицы необлученного ПЭНП, в то

Таблица 2

Содержание гель-фракции

Доза, кГр	Содержание гель-фракции, %		Доза, кГр	Содержание гель-фракции, %	
	гранулы сшитого ПЭНП	порошки, полученные измельчением гранул		гранулы сшитого ПЭНП	порошки, полученные измельчением гранул
60	33	17	600	83	82
200	64	60	1000	84	83
400	80	76			

время как у частиц сшитого ПЭНП с увеличением дозы поверхность становилась все более гладкой.

Для количественной оценки рельефа поверхности порошковых частиц было выполнено измерение удельной поверхности полученных порошков. Величину удельной поверхности рассчитывали с помощью уравнения Брунауэра — Эммета — Теллера из данных низкотемпературной (77 К) адсорбции аргона. Результаты приведены в табл. 1. Абсолютное значение удельной поверхности резко понижалось при переходе от порошков необлученного к порошкам сшитого ПЭНП и продолжало уменьшаться с увеличением дозы облучения. Однако эта тенденция в данном случае не могла характеризовать изменение рельефа, так как одновременно увеличивался средний размер частиц. Для количественной оценки рельефа можно воспользоваться относительной величиной, определяемой как $S_{уд}^* / S_{уд}$, где $S_{уд}$ — измеренное значение удельной поверхности, а $S_{уд}^*$ — значение удельной поверхности, рассчитанное в предположении, что все частицы имеют сферическую форму с диаметром, равным $d_{ср}$. Такая величина характеризует, хотя и весьма приблизительно, в какой степени реальная поверхность превышает идеальную из-за разветвленности. Наибольшие значения отношения $S_{уд}^* / S_{уд}$ принимало в случае необлученного ПЭНП и сшитого ПЭНП с дозой 200 кГр. Следует заметить, что из-за сильной вытянутости частиц порошка сшитого ПЭНП с дозой 200 кГр моделирование их частицами сферической формы сильно занижает значение $S_{уд}^*$ и соответственно завышает значение параметра $S_{уд}^* / S_{уд}$. При дальнейшем увеличении исходной дозы сшитого ПЭНП (400 кГр и выше) значение $S_{уд}^* / S_{уд}$ понижалось и при дозе 1 МГр достигало величины 1,2. Делая поправку на приближенность такого метода оценки, можно считать, что частицы порошка сшитого ПЭНП с дозой 1 МГр имели гладкую, практически бездефектную поверхность.

Измельчение сшитого ПЭНП в роторном диспергаторе в принципе могло сопровождаться изменениями кристаллической структуры порошкового материала по сравнению с исходным сшитым ПЭНП. Для анализа качественных изменений структуры был выполнен ДСК-анализ полученных порошковых частиц. Термограммы ДСК снимали на приборе ДСМ-2М. Скорость нагревания составляла 8 град/мин, навеска материала 15 мг. Значения температуры окончания плавления $T_{пп}$ для соответствующих порошков приведены в табл. 1. Как видно, с увеличением плотности сетки исходного сшитого ПЭНП наблюдается заметное понижение этой температуры. Объяснить столь значительное уменьшение $T_{пп}$ эффектом «перекристаллизации» (т. е. расплавления и повторной кристаллизации) сшитого ПЭНП, по-видимому, невозможно, поскольку у полиэтилена, сшитого в кристаллическом состоянии, такая процедура приводит лишь к небольшому понижению температуры плавления [9]. Для объяснения наблюдавшегося явления следует напомнить, что в наших экспериментах кристаллизация материала протекала

Таблица 3

Деформационно-прочностные свойства пленок при 20°

ПЭНП	Разрывное напряжение, МПа	Разрывное удлинение, %
Необлученный	15,8	622
Облученный дозой 400 кГр	21,3	446
Пленка из измельченного облученного дозой 400 кГр ПЭНП	11,2	249
Облученный дозой 1000 кГр	31,2	365
Пленка из измельченного облученного дозой 1000 кГр ПЭНП	8,1	31

в условиях интенсивных сдвиговых воздействий. Поэтому значительное понижение $T_{\text{пп}}$ (у спитого ПЭНП с дозой 1 МГр оно составило 9°) может быть объяснено именно механическим воздействием на материал. По-видимому, влияние сдвиговых деформаций начинаетказываться уже в высокоэластическом состоянии ($T > T_{\text{kp}}$) и выражается в «перепутывании» сетки. Естественно, такая сетка не сохраняет «память» о прежней кристаллической укладке (как это происходит при перекристаллизации спитого ПЭНП в свободном состоянии [10]) и к тому же затрудняет кристаллизацию из-за сильно ограниченной подвижности сегментов.

Наличие в порошках спитого ПЭНП трехмерной сетки неизбежно ставит вопрос о принципиальной возможности формования из них блочных изделий. В ходе экспериментов методом горячего прессования нам удалось получить пленки из порошков спитого ПЭНП и отработать оптимальный режим такого процесса: порошковый материал прогревали до 150°, выдерживали при этой температуре 20 мин и затем охлаждали под давлением до 20° со скоростью 1,5 град/мин. В результате получали прозрачные однородные пленки толщиной 100—150 мкм. Результаты измерения разрывных характеристик пленок из измельченного спитого ПЭНП с дозами 400 кГр и 1 МГр представлены в табл. 3. Для сравнения здесь же приведены характеристики необлученного ПЭНП и пленок спитого ПЭНП с дозами 400 кГр и 1 МГр. Видно, что пленка из измельченного спитого ПЭНП с дозой 400 кГр уступает исходному спитому ПЭНП с дозой 400 кГр по прочности всего в 2,1 раза, а по разрывному удлинению — в 1,8 раза. В то же время пленка из измельченного спитого ПЭНП с дозой 1 МГр проигрывает исходному материалу (т. е. спитому ПЭНП с дозой 1 МГр) гораздо сильнее — почти в 4 раза по прочности и более чем в 11 раз по разрывному удлинению. Эти различия, по нашему мнению, однозначно связаны со структурой порошковых частиц и рельефом их поверхности. Ленточные сегменты и другие микроэлементы, расположенные на поверхности, обеспечивают частичкам порошка спитого ПЭНП с дозой 400 кГр хорошее механическое сцепление, тогда как гладкие жесткие частицы порошка 1 МГр связаны друг с другом очень слабо.

Проведенное рассмотрение показало: поскольку в зависимости от температуры у спитого ПЭНП доминируют либо свойства спитого эластомера, либо кристаллического полимера, процесс его УД-диспергирования может осуществляться по двум различным механизмам. При повышенных температурах измельчение происходит как у спитых эластомеров. При этом необходимым условием для диспергирования является достаточно высокая плотность сетки, что позволяет спитому материалу запасать упругую энергию при сжатии. При выполнении данного условия спитый ПЭНП в вязкоупругом состоянии измельчается достаточно легко.

Убедительным подтверждением этому может служить проведенный нами простой эксперимент, когда прогретые до 150° гранулы спитого ПЭНП (доза 600—1000 кГр) разрушали путем сдавливания между нагретыми пuhanсонами лабораторного пресса. В результате наблюдалось образование грубого порошка со средним размером частиц 0,8—1 мм. При более низких температурах, когда свойства материала определяются в первую очередь кристаллической структурой, спитый ПЭНП измельчается подобно обычным термопластам. В том случае, когда процесс переработки спитого ПЭНП охватывает оба указанные интервала, диспергирование становится многостадийным и свойства получаемых порошков являются комбинацией свойств порошков термопластов и спитых эластомеров.

Подводя итоги, можно сделать вывод о том, что использование УД-метода позволило успешно осуществить тонкое измельчение спитого ПЭНП в широком интервале исходных доз облучения (т. е. плотности сетки). При этом удалось получить порошки с частицами весьма необычной разветвленной структуры. Несмотря на то, что трехмерная сетка в частицах порошка в результате измельчения практически не разрушалась, отпрессованные из них блочные изделия обладали достаточно высоким качеством. Использование таких порошков спитого ПЭНП в качестве наполнителей и компонентов полимерных смесей представляет, по нашему мнению, большой интерес и станет объектом дальнейших исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ениколопян Н. С., Фридман М. Л. // Докл. АН СССР. 1986. Т. 290. № 2. С. 379.
2. Акопян Е. Л., Кармилов А. Ю., Никольский В. Г., Хачатрян А. М., Ениколопян Н. С. // Докл. АН СССР. 1986. Т. 291. № 1. С. 133.
3. Павловский Л. Л., Каменщиков А. И., Чайкун А. М., Поляков О. Г., Прут Э. В., Ениколопов Н. С. // Производство и использование эластомеров. 1990. № 3. С. 20.
4. Павловский Л. Л., Зеленецкий С. Н., Чайкун А. М., Поляков О. Г., Прут Э. В., Маткаримов С. Х., Ениколопов Н. С. // Производство и использование эластомеров. 1990. № 4. С. 23.
5. Кнунианц М. И., Крючков А. Н., Дорфман И. Я., Першин С. А., Прут Э. В., Ениколопян Н. С. // Докл. АН СССР. 1987. Т. 293. № 1. С. 137.
6. Ениколопян Н. С., Акопян Е. Л., Кармилов А. Ю., Никольский В. Г., Хачатрян А. М. // Высокомолек. соед. А. 1988. Т. 30. № 11. С. 2403.
7. Ениколопян Н. С., Акопян Е. Л., Кечекян А. С., Никольский В. Г., Стырикович Н. М. // Высокомолек. соед. А. 1984. Т. 26. № 11. С. 2362.
8. Enikolopian N. S., Akopian E. L., Styrikovitch N. M., Ketchekian A. S., Nikolskii V. G. // J. Polymer Sci. Polymer Phys. Ed. 1987. V. 25. № 7. P. 1203.
9. Гордшенко В. П. Радиационное модифицирование композиционных материалов на основе полиолефинов. Киев, 1985. С. 58.
10. Манделькерн Л. Кристаллизация полимеров. М., 1966. С. 164.

Институт химической физики
им. Н. Н. Семенова
Российской академии наук,
Москва

Поступила в редакцию
17.06.91

A. K. Karadzhev, R. B. Gnezdilova, D. A. Gor'kov,
V. G. Nikol'skii, N. M. Styrikovich, V. V. Filippov,
E. E. Finkel', A. S. Kechevyan

**ELASTIC-STRAIN GRINDING OF RADIATION-CROSSLINKED
LOW DENSITY POLYETHYLENE**

S u m m a r y

The possibility of elastic-strain grinding of radiation-cross linked LDPE having the absorbed doses ranging from 0 upto 1 MGr has been studied. The powders containing particles of the size not exceeding 100 μm were obtained. Dispersion was found to proceed both in the region of crystallization temperature and at higher temperatures. The effect of grinding on content of gel fraction in a material was determined. The structure and main properties of obtained powders were studied by electronic and optical microscopy, gas absorption and DSC methods. In spite of the existence of the three-dimensional network in powder particles the block articles made from these powders have rather high strength characteristics.