Современные научные исследования и разработки

ISSN 2415-8402

10(27)-2018

Научный центр «ОЛИМП»

ЭЛЕКТРОННОЕ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЕ ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ИЗДАНИЕ

«Современные научные исследования и разработки»

ISSN 2415-8402

Главный редактор: Власкин Андрей Петрович - доктор исторических наук, профессор (г. Москва)

Редакционная коллегия:

1) **Ларионов М. В.** – доктор биологических наук, профессор Балашовский институт (Филиал) ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского».

2) **Хэкало С.П.** – доктор физико-математических наук, доцент, проректор по научной работе, профессор кафедры математики ГОУ ВО МО «Государственный социально-гуманитарный университет».

3) **Макашина О.В. –** доктор экономических наук, профессор Департамента общественных финансов ФГОБУ ВО «Финансовый университет при правительстве РФ».

4) **Вараксин В.Н.** – кандидат педагогических наук, профессор РАЕ, доцент Таганрогского института имени А.П. Чехова (филиал) Ростовского государственного экономического университета "РИНХ".

5) **Сирик М. С.** – кандидат юридических наук, доцент, заведующий кафедрой уголовного права, процесса и криминалистики филиал ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет» в г. Тихорецке.

6) **Никулина Т.В.** – кандидат педагогических наук, директор центра заочного и электронного обучения Института педагогики и психологии детства, доцент кафедры теории и методики воспитания культуры творчества ФГБОУ ВО «Уральский педагогический университет».

7) **Воробьева Е.С.** – кандидат экономических наук, доцент, заведующий кафедрой бухгалтерского учета, анализа и финансов ФГБОУ ВО «Смоленская ГСХА».

8) **Егурнова А.А.** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры иностранных языков №1 РЭУ имени Г.В. Плеханова, г. Москва

9) **Гаврилов В.В.** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры филологического образования и журналистики БУ ВО «Сургутский государственный педагогический университет».

10) **Востриков В.А. –** кандидат технических наук, доцент, заведущий кафедрой теории и методики спортивных дисциплин, адаптивной физической культуры и медико-биологических основ физического воспитания института физической культуры и спорта ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный педагогический университет».

11) **Закирова Н.Н. –** кандидат филологических наук, доцент, профессор кафедры русского языка и литературы ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт В.Г.Короленко».

12) **Бударин Е.Л.** – кандидат архитектуры, доцент кафедры строительства, доцент кафедры дизайна Инженерного института ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет».

13) **Осипов Г.С. –** доктор технических наук, заведующий кафедрой информатики ФГБОУ ВО «Сахалинский государственный университет».

14) **Губанова Е.В.** – кандидат экономических наук, доцент Калужского филиала ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации» (Калужский филиал Финуниверситета)

Учредитель: Научный центр «Олимп»
125480, г. Москва, ул. Героев Панфиловцев 17 к.2., тел 8 (964) 574-29-46

Выпуск № 10 (27) (октябрь, 2018). Сайт: http://olimpiks.ru/

УДК 001
ББК 1+60+20
Верстка: Шишкова А. В. | Редактор/корректор: Савченко Е.С.
Редакция журнала «Современные научные исследования и разработки»: 125480,г. Москва, ул. Героев Панфиловцев 17 к.2., тел 8 (964) 574-29-46, www.olimpiks.ru, conf@olimpiks.ru
Издатель Научный центр "Олимп": 125480,г. Москва, ул. Героев Панфиловцев 17 к.2., тел 8 (964) 574-29-46 , www.olimpiks.ru, conf@olimpiks.ru

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов материалов.
При перепечатке ссылка на журнал обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) и размещена на платформе научной электронной библиотеки (eLIBRARY.ru). Договор **№ 227-04/2016 от 19.04.2016г.**

implication on mechanical properties.//Polymer. – 2001. – Vol. 42. –№10. – P.4635–4646.

3. Bobovitch A.L.,Tkach R., Ajji A., Elkoun S., Nir Y., Unigovski Y., Gutman E.M. Mechanical properties, stress-relaxation, and orientation of double bubble biaxially oriented polyethylene films.// Appl.Polym. Sci. – 2006. – Vol.100. – № 5. – P.3545–3553.

4. Hoffman J.D., Miller R.L., Marand H., Roitman D.B. The relationship between the lateral surface free energy sigma and the chain structure of melt crystallized polymers. //Macromolecules. – 1992. –Vol.25. – P.2221–2229.

5. Wang L., Wang J-H, Yang B., Wang Y., Zhang Q-P., Yang M-B., Feng J-M. A novel hierarchical crystalline structure of injection-molded bars of linear polymer: co-existence of bending and normal shish–kebab structure.//Colloid Polym. Sci. – 2013. – V. 291. – P.503–511.

6. Murakami S., Kohjiya S., Shimamura K. Comparative study of structure and tensile properties of melt-pressed and extruded-blown films of high-density polyethylene. //J. Macromol. Sci., Part B: Phys. – 2000. –Vol.39. –P.645–655.

8. Lustiger A., Markham R.L Importance of tie molecules in preventing polyethylene fracture under long-term loading conditions.// Polymer. – 1983. – V. 24. – №12. –P.1647-1654.

9. Lu J., Sue H.J., Rieker T.P. Dual crystalline structure in HDPE blown films and its implication on mechanical properties.//Polymer. – 2001. – V. 42. – P. 4635-4646.

10.Krishnaswamy R.K., Sukhadia A.M. Orientation characteristics of LLDPE blown films and their implication on elmendorf tear performance.// Polymer. – 2000. – V. 41. – P.9205-9217.

11.Sperling L.H. Introduction to physical polymer science. Toronto: Wiley-Interscience, 2001. – p. 880.

12.Lin L., Argon A.S. Structure and plastic deformation of polyethylene. // J. Mater. Sci. – 1994. – V. 29. – №2. – P.294-323.

13.Аржакова О.В., Ярышева Л.М., Гальперина Н.Б., Волынский А.Л., Бакеев Н.Ф., Козлов П.В. Использование метода жидкостного проницания для определения структуры крейзов, возникающих при деформировании полимеров в жидких средах.//Высокомолек. Соед. *Б.* –1989. – Т.31. – №3. – С.211–215.

© Аржакова О.В., Долгова А.А., Кечекьян П.А., Волынский А.Л., 2018

УДК 544.169: 546.287

АРЖАКОВА О.В., КЕЧЕКЬЯН П.А., ДОЛГОВА А.А., КЕЧЕКЬЯН А.С., ВОЛЫНСКИЙ А.Л.,
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва

Особенности пластической деформации синтетических моноволокон на основе аморфного стеклообразного полиэтилентерефталата при деформировании с низкими скоростями растяжения

ARZHAKOVA O.V., KECHEK'YAN P.A., DOLGOVA A.A., KECHEK'YAN A.S., VOLYNSKII A.L.,
Lomonosov Moscow State University, Faculty of Chemistry, Moscow

Specific features of plastic deformation of synthetic monofilaments based on amorphous glassy poly(ethylene terephthalate) upon tensile drawing with low strain rates

Аннотация: *Исследованы особенности структурного и механического поведения моноволокон аморфного стеклообразного полиэтилентерефталата (ПЭТФ) при одноосном растяжении с низкими скоростями деформирования. Показано, что деформирование ПЭТФ моноволокон на начальном участке протекает за счет самопроизвольного индуцированного напряжением формирования и роста характеристических дефектов (крейзов и полос сдвига) со специфической фибриллярно-пористой структурой как областей локализованной деформации с выраженными границами раздела с неориентированным полимером. При деформировании ПЭТФ моноволокон с низкими скоростями растяжения происходит значительное изменение вида соответствующих динамометрических кривых по сравнению с классическими кривыми растяжения ПЭТФ. Предел текучести и падение напряжения, соответствующее формированию шейки, представляют собой два независимых процесса, которые происходят при различных степенях*

деформации с разницей до 10-15%. Предложен механизм реализации необычного поведения ПЭТФ моноволокон при растяжении с низкими скоростями деформирования.

Annotation: *Specific features of structural and stress-strain behavior of the poly(ethylene terephthalate) (PET) monofilaments upon tensile drawing with low strain rates were studied. At early strains, deformation of the PET monofilaments proceeds via spontaneous stress-induced initiation and growth of characteristic defects (crazes and shear bands) with their specific fibrillar-porous structure as the regions with localized strain gradient and well-pronounced interfaces with bulk polymer. Upon tensile drawing with low strain rates, the corresponding stress-strain curve appears to be different from the classical stress-strain curve. Yield point and sharp stress drop corresponding to necking are two independent processes, which are spaced along the strain axis by 10-15%. The reasons behind this unusual behavior of the PET monofilaments upon tensile drawing with low strain rates are highlighted.*

Ключевые слова: *характеристические дефекты, динамометрические кривые, крейзы, полосы сдвига, формирование шейки*

Keywords: *characteristic defects, stress-strain curves, crazes, shear bands, necking*

Особенности поведения аморфных стеклообразных полимеров при нагружении представляют собой фундаментальную проблему науки о полимерах и материаловедения как с точки зрения исследования фундаментального механизма пластической деформации полимеров, так и с практической точки зрения прогнозирования эксплуатационных свойств полимерных изделий при механическом воздействии [1, 2]. Традиционно поведение аморфных стеклообразных полимеров при нагружении описывается классической кривой растяжения с характерной линейной областью "упругой" псевдо-гуковской деформации, пределом текучести и последующим спадом напряжения (стадия деформационного размягчения) до напряжения стационарного развития деформации вплоть до стадии ориентационного упрочнения (рис. 1) [1, 3].

Рис. 1. Классическая динамометрическая кривая деформирования аморфных стеклообразных полимеров и схематическое изображение происходящих в процессе деформирования структурных перестроек при формировании шейки.

Формирование шейки как области локального сужения поперечного сечения образца при деформировании традиционно происходит непосредственно после прохождения предела текучести [2]. В дальнейшем на участке стационарного развития деформации происходит рост шейки в направлении оси приложенной нагрузки за счет расходования неориентированного блочного полимера, при этом в области шейки участок образца, перешедшего в шейку, сохраняет постоянным свое поперечное сечение и величину ориентации макромолекулярных цепей. Отметим, что при

переходе полимера в шейку ориентация разупорядоченных макромолекулярных цепей аморфного блочного полимера достигает естественной степени вытяжки, определяемой плотностью исходной сетки зацеплений. После полного перехода полимера в шейку наблюдается начало стадии ориентационного упрочнения. Следует отметить, что при деформировании стеклообразных полимеров, помимо формирования шейки, возможна реализация пластической деформации за счет протекания процессов инициирования и развития полос сдвига и крейзов. Однако, для всех указанных видов пластической деформации характерен единый вид динамометрической кривой. В данной работе изучены особенности пластической деформации на примере моноволокон аморфного стеклообразного полиэтилентерефталата (ПЭТФ) при одноосном нагружении при низких скоростях растяжения (v = 1 мм/мин).

На рис. 2 представлены СЭМ микрофотография исходного ПЭТФ моноволокна толщиной 700 микрон и динамометрическая кривая растяжения на воздухе со скоростью 5 мм/мин.

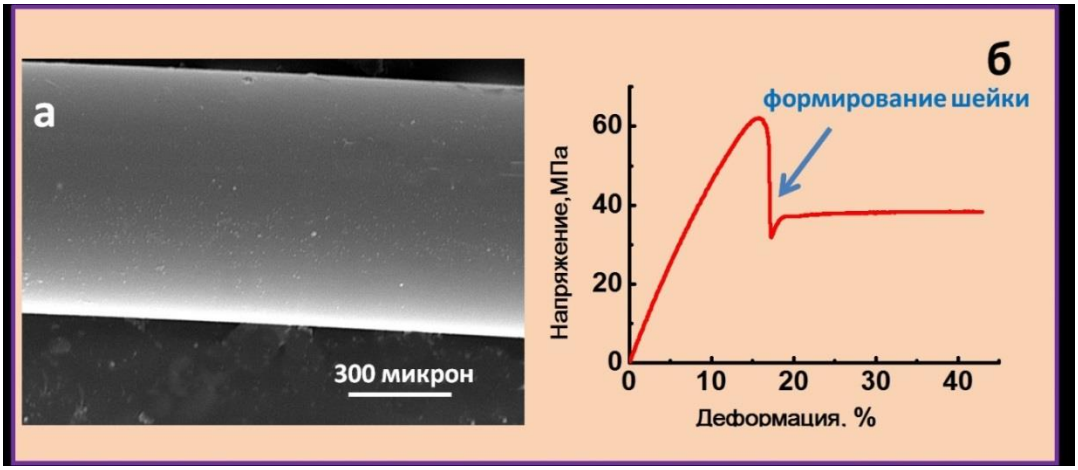

Рис. 2. СЭМ микрофотография исходного моноволокна ПЭТФ толщиной 700 микрон и динамометрическая кривая растяжения моноволокна ПЭТФ при растяжении на воздухе при комнатной температуре со скоростью 5 мм/мин.

Как следует из рис. 2, исходное моноволокно отличается гладкой исходной поверхностью и не содержит видимых дефектов. При его растяжении на воздухе со скоростью 5 мм/мин деформирование протекает с формированием традиционной шейки непосредственно после прохождения предела текучести, и общий вид кривой напряжение-деформация полностью соответствует классической кривой (рис. 1).

На рис. 3 представлены динамометрические кривые при деформировании ПЭТФ моноволокна на воздухе при комнатной температуре с низкой скоростью растяжения (1 мм/мин).

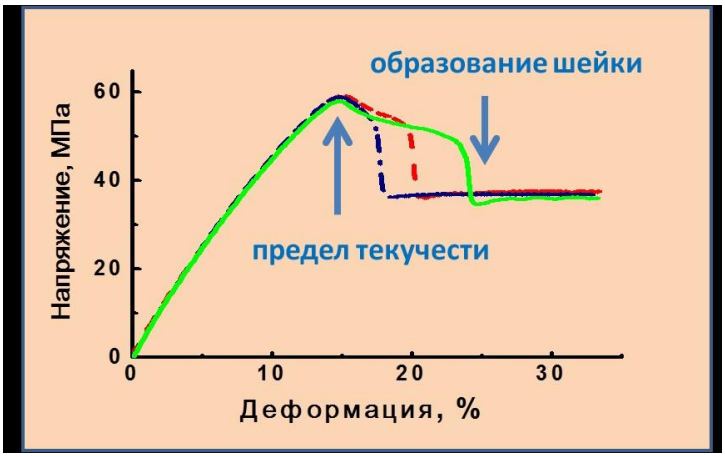

Рис. 3. Динамометрическая кривая растяжения моноволокна ПЭТФ толщиной 700 мкм при растяжении на воздухе при комнатной температуре со скоростью 1 мм/мин.

При понижении скорости деформирования до 1 мм/мин наблюдается необычное поведение деформируемого моноволокна и изменение формы соответствующей динамометрической кривой: после появления на кривой ярко выраженного предела текучести не происходит резкого спада напряжения и появления шейки, а кривая приобретает характерный "горб", который простирается вдоль оси деформации на 10-15% (рис. 3), при этом на этом участке деформирование полимера проходит без видимых изменений диаметра волокна и без формирования шейки. При дальнейшем увеличении степени вытяжки наблюдается резкий спад напряжения, который соответствует появлению шейки. Это явление запаздывания образования шейки наблюдается впервые и получило название *явление отложенной шейки*. В дальнейшем после спада напряжения и формирования шейки динамометрическая кривая выходит на область плато, соответствующей стационарному развитию деформации; при этом напряжение на этом участке деформационной кривой полностью совпадает с напряжением при растяжении ПЭТФ моноволокна с более высокими скоростями растяжения (рис. 2). Следует отметить, что представленные на рис. 3 три динамометрические кривые отражают статистический характер данного явления, обозначая полный диапазон изменения формы кривых при проведении испытаний более чем на 15-20 образцах (красная кривая соответствует значениям, усредненным по всем измерениям, и отражает наиболее типичное поведение образцов при деформировании на воздухе с низкой скоростью растяжения).

Прямые микроскопические наблюдения показывают, что деформирование ПЭТФ моноволокна на данном деформационном участке до появления шейки протекает без изменения диаметра моноволокна и сопровождается приращением объема исключительно за счет инициирования и роста крейзов, которые впоследствии служат местами возникновения и локализованного развития полос сдвига. На рис. 4 представлены микрофотографии моноволокна ПЭТФ на деформационном участке между пределом текучести и образованием шейки.

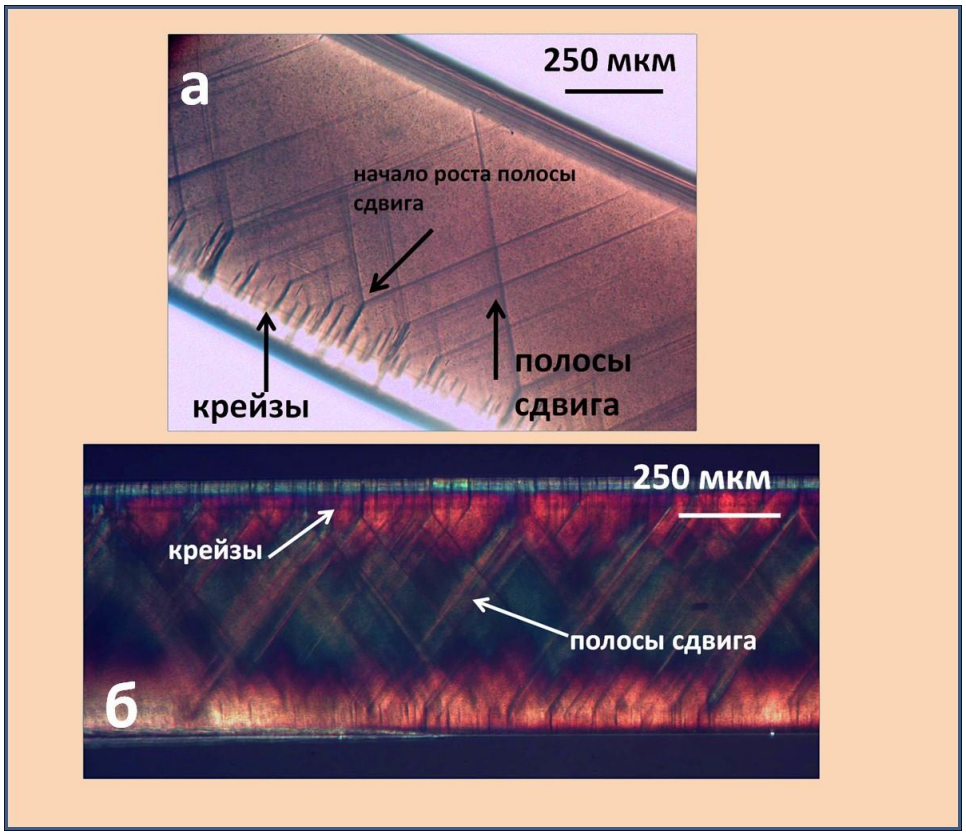

Рис. 4. Микрофотографии моноволокна ПЭТФ на участке динамометрической кривой после прохождения предела текучести и образования шейки: моноволокно после прохождения предела текучести при деформации 13% (а) и моноволокно перед образованием шейки (б).

Как следует из рис. 4, при деформировании исходного моноволокна ПЭТФ на воздухе с низкими скоростями растяжения в образце происходит

индуцированное напряжением формирование крейзов с их уникальной фибриллярно-пористой структурой [4-6]. В дальнейшем крейзы служат местами зарождения характерных полос сдвига, которые ориентированы под углом 45° по отношению к направлению вытяжки. Следует отметить, что крейзы, как и полосы сдвига зарождаются в полимере самопроизвольно при приложении внешней нагрузки, и их возникновение связано с внутренними (характеристическими) свойствами полимера, а не определяются внешними воздействиями; таким образом, данные дефекты будем называть *характеристическими дефектами*.

Хорошо видно, что по мере увеличения степени вытяжки на участке *отложенной шейки* в полимерном образце происходит значительный рост числа крейзов и полос сдвига, и образец оказывается буквально "начинен" различного рода структурными неоднородностями. Следует отметить, что согласно классическим представлениям в соответствии с критерием Гриффита наличие в образце дефектов способствует раннему развитию в полимере структурной нестабильности и формированию шейки. Однако, наличие в образце характеристических дефектов не только не способствует раннему развитию шейки, но приводит к значительному запаздыванию данного процесса. Таким образом, появление предела текучести на динамометрической кривой и формирование шейки на стадии деформационного размягчения при резком спаде напряжения представляют собой два независимых процесса, которые происходят при разных степенях деформации и разнесены по оси деформации на 10-15%.

Причины столь необычного поведения образцов стеклообразного аморфного ПЭТФ при растяжении с низкими скоростями деформирования связаны с целым рядом причин. Во-первых, шейка в деформируемом полимере возникает, как правило, строго локализованно на самом "опасном" дефекте (концентраторе напряжения) из числа дефектов, присутствующих в реальном полимерном образце [4, 7]. При понижении скорости деформирования полимер более длительное время находится под нагрузкой, не превышающей предел текучести полимера. Этот фактор имеет принципиальное значение для зарождения и роста крейзов, поскольку процесс крейзообразования является кинетически контролируемым процессом и протекает во времени. При этом реализуемый в образце уровень напряжения хотя и не превышает предел текучести, но является достаточным для инициирования как множественных крейзов с их уникальной фибриллярно-пористой структурой, так и полос сдвига, которые зарождаются в вершинах растущих крейзов (рис. 4). Таким образом, присутствие множественных характеристических дефектов, равномерно распределенных по всему полимерному образцу, приводит к выравниванию поля напряжений, делая его более однородным. Следует отметить, что при этом нивелируется действие наиболее опасных дефектов, изначально присутствующих в любом полимерном образце, которые при приложении внешнего напряжения сработали первыми и выступили в качестве инициаторов крейзов и/или полос сдвига, а не развития критической структурной нестабильности, приводящей к формированию шейки (necking). Таким образом, на участке между пределом текучести и деформацией образования шейки деформирование полимера протекает исключительно за счет инициирования и роста локальных деформационных зон, крейзов и полос сдвига, при этом с момента формирования крейзов и полос сдвига дальнейшее деформирование оказывается строго локализованным в пределах деформационных зон (характеристических дефектов) с их ярко выраженными границами раздела с неориентированным полимером.

Во-вторых, такого рода необычное деформационное поведение полимеров с характеристическими дефектами (крейзами и полосами сдвига) также обусловлено их необычной структурной организацией. В отличие от истинных трещин разрушения, противоположные стенки крейзов соединены асимметричными фибриллами с диаметром до 10 нм [4, 8, 9], которые разделены в пространстве пустотами того же размера (рис. 5). При этом объемная доля υ фибриллизованного материала в каждом отдельном крейзе составляет величину, обратную естественной степени вытяжки полимера (для ПЭТФ υ = 0.25) [8]. Согласно современным представлениям свойства полимеров в тонких нанометровых слоях принципиальным образом отличаются от свойств полимера в объеме: так, температура стеклования полимера в тонких пленках и приповерхностных слоях может быть понижена на десятки градусов [10, 11]. Таким образом, крейзы представляют собой структурные неоднородности и нарушения

сплошности с высоким содержанием размягченного фибриллизованного материала и пустот в полимерном образце.

Сходство между внутренней структурой полос сдвига и крейзов определяется наличием, выраженных межфазных границ с неориентированным полимеров и градиента деформации макромолекулярных цепей [12-14], а также наличием фибриллярных агрегатов макромолекулярных цепей, ориентированных в случае полос сдвига под углом к направлению вытяжки [14].

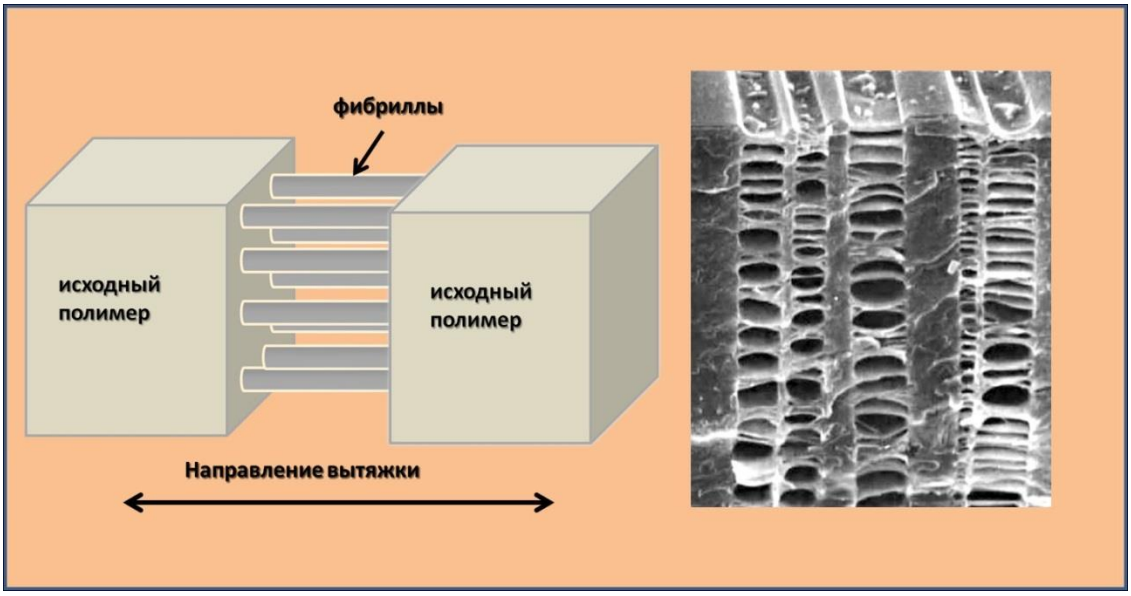

Рис. 5. Схематическое изображение структуры отдельного крейза и СЭМ микрофотография хрупкого скола пленки ПЭТФ с крейзами.

Таким образом, аморфный стеклообразный полимер, «начиненный» большим количеством крейзов и полос сдвига, представляет собой своеобразный нанокомпозит с чередованием как фрагментов исходного стеклообразного полимера, так и размягченных областей характеристических дефектов, заполненных расстеклованным каучукообразным фибриллизованным материалом.

Необычное поведение моноволокон ПЭТФ при растяжении с низкими скоростями вытяжки можно объяснить следующим образом. При деформировании с низкими скоростями растяжения в полимерном образце до достижения предела текучести в первую очередь происходит зарождение и рост множественных характеристических дефектов, крейзов и полос сдвига, Таким образом, дальнейшее деформирование оказывается строго локализованным в пределах деформационных зон (характеристических дефектов) с их ярко выраженными границами раздела с неориентированным полимером, и деформирование осуществляется с увеличением объема полимерного образца без реализации критической структурной нестабильности (формирования шейки). По мере исчерпания ресурсов характеристических дефектов для поддержания деформирования в указанном режиме в образце наконец реализуется макроскопическая структурная нестабильность, и один из дефектов инициирует появление шейки.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01017).

Список литературы:

1. Argon A.S. The physics of deformation and fracture of polymers. Cambridge University Press: Cambridge, 2013. – p. 511.
2. Haward R.N., Young R.J. The Physics of glassy polymers. Chapman & Hall: London, 1997. – p. 508.
3. Strobl G.R. The physics of polymers : concepts for understanding their structures and behavior. Springer: Berlin, New York, 2007. – p. 518.
4. Volynskii A.L., Bakeev N.F. Solvent crazing of polymers. Elsevier: Amsterdam, New York, 1995. – p. 423.
5. Mahajan D.K., Singh B., Basu S. Void nucleation and disentanglement in glassy amorphous polymers.// Phys. Rev. E. – 2010. – V.82. – №1. –P.011803-1–011803-8.

6. Sixou B. Molecular dynamics simulation of the first stages of the cavitation process in amorphous polymers.// Molecular Simulation. – 2007. – V. 33. – №12. – P. 965-973.

7. Griffith A.A. The phenomena of rupture and flow in solids.// Philosophical Trans. R. Soc. London. – 1921. – V. 221. – P.163-198.

8. Kramer E.J. Microscopic and molecular fundamentals of crazing, in: H.H. Kausch (Ed.), Crazing in Polymers, Springer Berlin Heidelberg: Berlin, Heidelberg, 1983. – P. 1-56.

9. Donald A.M., Kramer E.J. Craze initiation and growth in high-impact polystyrene.// J. Appl. Polym. Sci. — 1982. – V. 27. – №10. – P. 3729-3741.

10. Burroughs M.J., Napolitano S., Cangialosi D., Priestley R.D. Direct Measurement of glass transition temperature in exposed and buried adsorbed polymer nanolayers.// Macromolecules. – 2016. – V. 49. – №12. – P.4647-4655.

11. Vignaud G., Chebil M.S., Bal J.K., Delorme N., Beuvier T., Grohens Y., Gibaud A. Densification and depression in glass transition temperature in polystyrene thin films.// Langmuir. – 2014. – V. 30. – №39. – P.11599-11608.

12. G'Sell C., Hiver J.M., Dahoun A. Experimental characterization of deformation damage in solid polymers under tension, and its interrelation with necking.// Intern. J. Solids and Structures. – 2002. – V. 39. – №13. – P.3857-3872.

13. Brady T.E., Yeh G.S.Y. Similarity between craze morphology and shear-band morphology in polystyrene.// J. Mater. Sci. – 1973. –V.8. – №8. – P.1083-1094.

14. Chun B.C., Gibala R. Microstructural deformation behaviour in polystyrene-based compatible polymer blend systems. // Polymer. – 1994. – V. 35. – №11. – P.2256-2264.

© Аржакова О.В., Кечекьян П.А., Долгова А.А., Кечекьян А.С., Волынский А.Л., 2018

УДК 339.727

АСОН Т.А.,
Финансовый Университет при Правительстве РФ

Перспективы интернационализации юаня

ASON T.A.,
Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow

Prospects of RMB internationalization

Аннотация: *В статье рассмотрены основные пути интернационализации юаня, а также определена значимость интернационализации юаня для КНР и России. Также автором выделены взаимодействующие факторы, которые способствуют интернационализации китайской валюты.*

Annotation: *The article considers the main ways of yuan internationalization and defines the importance of yuan internationalization for China and Russia. Also, the author highlights the interacting factors that contribute to the internationalization of the Chinese currency.*

Ключевые слова*: юань, интернационализация, Россия, Китай, валютно-финансовая система.*
Keywords: *yuan, internationalization, Russia, China, monetary and financial system.*

Необходимость реформирования международной валютно-финансовой системы и расширение перечня валют, используемых в международных расчетах обусловлено осложнением геополитической и экономической обстановки. На фоне усиления волатильности мировых валют можно наблюдать активизацию национальных денежных единиц тех стран, которые оказывают решающее воздействие на мировую экономику, в том числе Китая.

На протяжении нескольких десятилетий китайская экономика оспаривает лидерство США в различных аспектах, в том числе во внешней торговле. Китайская платежная система Union Pay опережает американские аналоги Visa и MasterCard по количеству выпущенных карт с 2010 года.