

Б-211950

А.М. Вольвичикий

И.Ф. Барсов

РОЛЬ ПОБЕЖНОСТНЫХ ЯЗЫКОВ
В СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКОМ
ПОВЕДЕНИИ ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРОВ



Б-211950

А.Л. Волынский
Н.Ф. Бакеев

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ
В СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКОМ
ПОВЕДЕНИИ ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРОВ

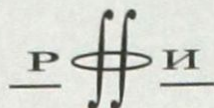
К



МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2014

541.18+541.64

УДК 541.6
ББК 24.7
В 70



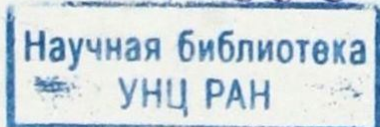
Издание осуществлено при поддержке
Российского фонда фундаментальных
исследований по проекту 13-03-07018,
не подлежит продаже

Волынский А. Л., Бакеев Н. Ф. **Роль поверхностных явлений в структурно-механическом поведении твердых полимеров.** — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. — 536 с. — ISBN 978-5-9221-1541-4.

В книге изложены современные представления о роли поверхностных явлений в структурно-механическом поведении аморфных и кристаллических полимеров. Рассмотрены процессы развития и залечивания межфазной поверхности при разного рода воздействиях. Показано, что любые воздействия приводят к ее изменению и сопровождаются транспортом материала из объема в поверхность и/или наоборот. Установлено, что такие свойства полимеров, как сдвиговая текучесть, деформационное размягчение и большая обратимая деформация, во многом зависят от уровня межфазной поверхностной энергии. Рассмотрен эффект Ребиндера в полимерах и разного рода модификации поверхности. Заключительный раздел посвящен прикладным аспектам использования поверхностных явлений в различных полимерных системах.

Для научных сотрудников и инженеров-технологов, занимающихся исследованием, разработкой и применением полимерных материалов, в том числе нанокompозитов, а также для преподавателей, аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

Б-211950-ЛК



ISBN 978-5-9221-1541-4

© ФИЗМАТЛИТ, 2014

© А. Л. Волынский, Н. Ф. Бакеев, 2014

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
-----------------------	---

Г Л А В А 1

РАЗВИТИЕ МЕЖФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОЛИМЕРОВ

1.1. Методика визуализации структурных перестроек, имеющих место при изменении площади поверхности деформируемых полимеров	18
1.2. Визуализация структурных перестроек, сопровождающих развитие межфазной поверхности при деформации каучукоподобных полимеров	26
1.3. Визуализация структурных перестроек, имеющих место при отжиге ориентированных выше температуры стеклования аморфных полимеров	35
1.4. Прокатка стеклообразного поликарбоната	39
1.5. Структурные перестройки в деформированном полимере в условиях его изометрического нагрева	42
Заключение	44
Список литературы к 1 главе	44

Г Л А В А 2

ЗАЛЕЧИВАНИЕ МЕЖФАЗНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ПОЛИМЕРНЫХ СИСТЕМАХ

2.1. Залечивание межфазных поверхностей в каучукоподобных полимерах	48
2.2. Залечивание межфазной поверхности в стеклообразных полимерах	52
2.3. Гетерофазное залечивание полимерных поверхностей раздела	56
2.4. Гетерохимическое залечивание межфазных полимер-полимерных границ	62
2.5. Монолитизация порошков	64
2.6. Залечивание межфазных границ, возникающих при разрушении стеклообразных полимеров	69
2.7. Залечивание межфазной поверхности в деформированных полимерах	74
Заключение	80
Список литературы ко 2 главе	81

Г Л А В А 3

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ И ТОНКИХ (НАНОМЕТРОВЫХ) ПЛЕНОК СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРОВ

3.1. Измерение температуры стеклования аморфных стеклообразных полимеров в тонких пленках и тонких поверхностных слоях	87
3.2. Температура стеклования тонких пленок стеклообразных полимеров, нанесенных на твердые подложки	88
3.3. Температура стеклования свободных тонких пленок стеклообразных полимеров	94
3.4. Измерение температуры стеклования и молекулярной подвижности в поверхностных слоях блочных стеклообразных полимеров	96

3.5. Взаимодействие наночастиц металлов с полимерными поверхностями	98
3.6. О возможных причинах понижения температуры стеклования в тонких пленках и поверхностных слоях аморфных полимеров	106
Заключение	111
Список литературы к 3 главе	111

Г Л А В А 4

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В СДВИГОВОЙ ТЕКУЧЕСТИ СТЕКЛООБРАЗНЫХ ПОЛИМЕРОВ

4.1. Тепловое старение полимерных стекол	118
4.2. Основные особенности влияния теплового старения на свойства стеклообразных полимеров	119
4.3. Физическое старение и структура стеклообразного полимера	122
4.4. О молекулярном механизме теплового старения стеклообразных полимеров	127
4.5. Влияние механического воздействия на процесс физического старения полимерных стекол	131
4.6. Свойства стеклообразных полимеров, подвергнутых механическому воздействию	134
4.7. Пространственная неоднородность деформации полимерных стекол	145
4.8. Структура полос сдвига, возникающих при деформировании стеклообразных полимеров	155
4.9. О природе структурно-механических аномалий в свойствах деформированных стеклообразных полимеров	160
Заключение	177
Список литературы к 4 главе	179

Г Л А В А 5

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ДЕФОРМАЦИОННОМ РАЗМЯГЧЕНИИ СТЕКЛООБРАЗНЫХ И КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

5.1. Деформационное размягчение полимерных систем, происходящее без развития пористости	186
5.2. Деформационное размягчение стеклообразных полимеров	189
5.3. О причинах, вызывающих силовое размягчение стеклообразных полимеров в процессе их крейзинга	195
5.4. Деформационное размягчение кристаллических полимеров	199
5.5. О механизме деформационного размягчения кристаллических полимеров	208
Заключение	220
Список литературы к 5 главе	221

Г Л А В А 6

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ДЕФОРМИРОВАНИИ ПОЛИМЕРОВ В АКТИВНЫХ ЖИДКИХ СРЕДАХ

6.1. Что такое адсорбционно-активная среда?	229
6.2. Структурные особенности деформации полимеров в адсорбционно-активных средах	237
6.3. Крейзинг в жидких средах — проявление эффекта Ребиндера в полимерах	239

6.4. Механизм возникновения уникальной структуры крейзов	240
6.5. Динамика крейзинга полимеров в жидких средах	243
6.6. Основные факторы, определяющие динамику крейзинга полимера в ААС	256
6.7. Фактор множественности числа мест локализованной пластической деформации	259
6.8. Взаимосвязь динамики крейзинга полимера в жидких средах с тонкой структурой крейзов	262
6.9. Механизм крейзинга полимеров в жидких средах	264
6.10. Делокализованный крейзинг полимеров в жидких средах	269
Заключение	281
Список литературы к 6 главе	282

Г Л А В А 7

СТРУКТУРА И СВОЙСТВА КРЕЙЗОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ

7.1. Структурно-механические аспекты деформации крейзованных полимеров	288
7.2. Термомеханические свойства крейзованных полимеров	304
7.3. Коллоидное набухание	319
7.4. Адсорбционные свойства крейзованных полимеров	321
Заключение	327
Список литературы к 7 главе	328

Г Л А В А 8

МНОГОФАЗНЫЕ НАНОДИСПЕРСНЫЕ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ КРЕЙЗОВАННЫХ ПОЛИМЕРОВ

8.1. Взаимодействие низкомолекулярных веществ с высокоразвитой поверхностью крейзованного полимера	331
8.2. Полимер-полимерные наносмеси на основе крейзованных полимеров	349
8.3. Крейзинг как метод придания полимерам наноразмерной пористости	351
8.4. Особенности получения полимер-полимерных нанокомпозитов полимеризацией <i>in situ</i> в крейзованной полимерной матрице	353
8.5. Прямое введение второго полимерного компонента в крейзованную полимерную матрицу	365
Заключение	368
Список литературы к 8 главе	369

Г Л А В А 9

НЕУСТОЙЧИВОСТЬ И САМООРГАНИЗАЦИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

9.1. Особенности развития межфазных поверхностей при течении расплавов и растворов полимеров	375
9.2. Потеря устойчивости и диспергирование при растекании и фазовом разделении в полимерных системах	376
9.3. Неоднородное набухание полимеров	379
9.4. Электродинамическая и термомеханическая неустойчивость полимерных поверхностей	381
9.5. Полимеры с тонкими жесткими покрытиями	385
9.6. Механизм возникновения регулярного микрорельефа	400
9.7. Регулярная фрагментация покрытия	410

9.8. Поверхностное структурообразование в полимерах с химически модифицированной поверхностью	418
9.9. Полимерные пленки с нанометровыми покрытиями — системы «твердое покрытие на податливом основании»	421
Заключение	422
Список литературы к 9 главе	422

Г Л А В А 10

ОЦЕНКА СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НАНОМЕТРОВЫХ ПОВЕРХНОСТНЫХ СЛОЕВ

10.1. Физические основы метода оценки деформационно-прочностных свойств поверхностных слоев и нанометровых покрытий, нанесенных на полимерные пленки	427
10.2. Модификация полимерных поверхностей	430
10.3. Оценка деформационно-прочностных свойств покрытий, нанесенных на полимерные поверхности	440
10.4. Оценка деформационно-прочностных свойств нанометровых алюминиевых покрытий	442
10.5. Оценка деформационно-прочностных свойств нанометровых покрытий на основе благородных металлов	450
10.6. Неметаллические покрытия	464
Заключение	469
Список литературы к 10 главе	469

Г Л А В А 11

ПРИРОДНЫЕ СИСТЕМЫ, ПОСТРОЕННЫЕ ПО ПРИНЦИПУ «ТВЕРДОЕ ПОКРЫТИЕ НА ПОДАТЛИВОМ ОСНОВАНИИ»

11.1. Примеры природных систем «твердое покрытие на податливом основании»	474
11.2. Земля — типичная система «твердое покрытие на податливом основании»	476
11.3. Оценка толщины земной коры	482
11.4. Оценка прочности и долговечности земной коры	484
Заключение	489
Список литературы к 11 главе	490

Г Л А В А 12

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ В ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРАХ

12.1. Новый подход к созданию нанокompозитов с полимерной матрицей	493
12.2. Получение полимерных пленок и волокон, способных воздействовать на окружающую среду	504
12.3. Технологический аспект модификации полимеров с помощью крейзинга	510
12.4. О возможных путях повышения эффективности крейзинга	511
12.5. Придание поперечного микрорельефа полимерным пленкам и волокнам	520
12.6. О практическом использовании полимерных пленок, обладающих регулярным микрорельефом	522
Заключение	528
Список литературы к 12 главе	529

Научное издание

ВОЛЫНСКИЙ Александр Львович
БАКЕЕВ Николай Филиппович

**РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНЫХ ЯВЛЕНИЙ
В СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКОМ ПОВЕДЕНИИ
ТВЕРДЫХ ПОЛИМЕРОВ**

Редактор *Е.Б. Гугля*
Оригинал-макет: *Е.В. Третьяков*
Оформление переплета: *Д.Б. Белуха*

Подписано в печать 14.07.2014. Формат 60×90/16. Бумага офсетная.
Печать офсетная. Усл. печ. л. 33,5. Уч.-изд. л. 36,85. Тираж 250 экз.
Заказ № 1510

Издательская фирма «Физико-математическая литература»
МАИК «Наука/Интерпериодика»
117342, Москва, ул. Бутлерова, 17 Б
E-mail: fizmat@maik.ru, fmlsale@maik.ru;
<http://www.fml.ru>

Отпечатано с электронных носителей издательства
в ППП «Типография «Наука»
121099, г. Москва, Шубинский пер., 6