

УДК 678.046:620.5
ББК 35.719
3-17

*Печатается по решению редакционно-издательского совета
Казанского национального исследовательского технологического университета*

Рецензенты:
д-р тех. наук, проф. Л. А. Абдрахманова
канд. хим. наук Б. Н. Бобров

Заикин А. Е.
3-17 Нанонаполнители в смесях полимеров : монография / А. Е. Заикин;
Минобрнауки России, Казан. нац. исслед. технол. ун-т. – Казань :
Изд-во КНИТУ, 2022. – 252 с.

ISBN 978-5-7882-3199-0

Проанализировано влияние термодинамических и кинетических факторов на распределение твердых наноразмерных частиц между фазами смесей несовместимых полимеров и на границе между ними. Обобщены закономерности влияния наночастиц на морфологию и сонепрерывность фаз смесей полимеров. Рассмотрено влияние межфазного распределения наночастиц на деформационно-прочностные, электропроводящие и реологические свойства смесей полимеров.

Предназначена для научных работников, аспирантов и магистров, работающих в области полимерного материаловедения.

Разработана на кафедре технологии пластических масс.

УДК 678.046:620.5
ББК 35.719

ISBN 978-5-7882-3199-0 © Заикин А. Е., 2022
© Казанский национальный исследовательский
технологический университет, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

Условные сокращения	6
Введение.....	9
1. ТЕРМОДИНАМИКА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ НАНОЧАСТИЦ В СМЕСЯХ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ	11
1.1. Распределение твердых наночастиц в эмульсиях низкомолекулярных жидкостей	11
1.2. Распределение твердых наночастиц в смесях высоковязких полимеров	15
1.2.1. Предсказание места локализации наночастиц на основании закона Юнга.....	15
1.2.2. Предсказания места локализации наночастиц без использования закона Юнга.....	37
2. КИНЕТИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТВЕРДЫХ НАНОЧАСТИЦ В СМЕСЯХ ПОЛИМЕРОВ	45
2.1. Движущие силы перераспределения частиц наполнителя	45
2.2. Влияние последовательности смешения компонентов на распределение наночастиц	50
2.2.1. Предварительное смешение наполнителя с одним из полимерных компонентов.....	51
2.2.2. Скорость перехода наполнителя между фазами.....	65
2.2.3. Влияние скорости сдвига при смешении на время перехода наполнителя между фазами.....	68
2.2.4. Влияние соотношения вязкостей полимеров на скорость перехода наполнителя между фазами	70
2.2.5. Влияние объемного соотношения полимеров на скорость перехода наполнителя между фазами	74
2.2.6. Влияние характеристического соотношения сторон частиц наполнителя на скорость перехода наполнителя между фазами	75
2.2.7. Влияние концентрации наполнителя на время перехода наполнителя между фазами.....	79
2.3. Распределение наполнителя при совместной загрузке компонентов	81

3. УПРАВЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕМ НАНОЧАСТИЦ В СМЕСЯХ ПОЛИМЕРОВ МОДИФИКАЦИЕЙ КОМПОНЕНТОВ	88
3.1. Управление распределением путем модификации поверхности наполнителя	88
3.1.1. Модификация технического углерода	88
3.1.2. Модификация наночастиц диоксида кремния	90
3.1.3. Модификация углеродных нанотрубок	94
3.1.4. Модификация наночастиц золота	96
3.1.5. Дифильные янус-наночастицы	99
3.2. Управление распределением нанонаполнителя путем модификации полимерных компонентов смеси	101
4. ВЗАИМНАЯ РАСТВОРИМОСТЬ ПОЛИМЕРОВ В ПРИСУТСТВИИ ТВЕРДЫХ НАНОЧАСТИЦ	104
4.1. Взаимная растворимость полимеров на твердой подложке	104
4.2. Совместимость смесей полимеров в присутствии наночастиц по данным обращенной газовой хроматографии	107
4.3. Взаимная растворимость полимеров в присутствии наночастиц по данным светопропускания	110
4.4. Смесь полистирола с поливинилметилловым эфиром	114
4.5. Смесь полиметилметакрилата с сополимером стирола и акрилонитрила	117
4.6. Влияние последовательности смешения компонентов на взаимную растворимость полимеров	122
4.7. Математические модели влияния наночастиц на совместимость полимеров	126
5. МОРФОЛОГИЯ СМЕСЕЙ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ С НАНОНАПОЛНИТЕЛЯМИ	134
5.1. Влияние наночастиц на размер морфологических образований в смесях полимеров	136
5.1.1. Уменьшение размера полимерных фаз	136
5.1.2. Увеличение размера фаз в смесях полимеров при наполнении	150
5.2. Стабилизация морфологии смесей несовместимых полимеров нанонаполнителями	154

5.2.1. Нестабильность морфологии смесей несовместимых полимеров во времени	154
5.2.2. Стабилизация эмульсий низкомолекулярных жидкостей твердыми частицами	155
5.2.3. Стабилизация морфологии смесей несовместимых полимеров наночастицами	159
5.2.4. Влияние характеристик наночастиц на размеры и стабильность морфологических образований в смесях полимеров	166
5.3. Расширение интервала сонепрерывности фаз в смеси полимеров под действием нанонаполнителей	168
5.3.1. Общие представления о сонепрерывной морфологии смесей полимеров	168
5.3.2. Влияние наночастиц на сонепрерывность полимерных фаз	169
6. ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ СМЕСЕЙ ПОЛИМЕРОВ С НАНОЧАСТИЦАМИ.....	174
7. ВЛИЯНИЕ МЕЖФАЗНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОНАПОЛНИТЕЛЯ НА ДЕФОРМАЦИОННО-ПРОЧНОСТНЫЕ СВОЙСТВА СМЕСЕЙ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ	185
7.1. Компатибилизация смесей несовместимых полимеров твердыми наночастицами.....	185
7.1.1. Утончение морфологии и прочность смесей полимеров при наполнении	186
7.1.2. Компатибилизация смесей несовместимых полимеров наполнением	187
7.2. Влияние межфазного распределения наночастиц на деформационно-прочностные свойства смесей при отсутствии эффекта компатибилизации	199
8. ВЛИЯНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ НА ВЯЗКОСТЬ СМЕСЕЙ НЕСОВМЕСТИМЫХ ПОЛИМЕРОВ	206
Заключение	212
Литература	213