

А д г е з и я модифицированных эпоксидов к волокнам

Ю. А. Горбаткина
В. Г. Иванова-Мумжиева

ББК 24.7
УДК 678.01.539.6
Г 67

DOI: 10.30826/ADHESION-GI-2018

Горбаткина Ю. А., Иванова-Мумжиева В. Г.

Г 67 Адгезия модифицированных эпоксидов к волокнам. — М.: ТОРУС ПРЕСС, 2018. — 216 с.: ил.

ISBN 978-5-94588-238-6

Монография посвящена одной из существенных проблем науки об адгезии — регулированию прочности границы раздела. Рассматривается прочность границы раздела в адгезионных соединениях, подложками в которых служат волокна различной природы, а адгезивами — эпоксидные смолы, модифицированные активными разбавителями, жёсткоцепными термопластами или мелкодисперсными наполнителями (включая наноразмерные). Изучено изменение адгезионной прочности в процессе формирования соединений (в процессе отверждения) и при различных условиях эксплуатации. Рассмотрена её зависимость от концентрации введённого модификатора. Показано существование синергизма межфазной прочности, проанализированы причины его появления, выяснены механизмы, управляющие им при использовании различных типов модификаторов. На примере работы группы адгезии лаборатории армированных пластиков ИХФ РАН дан краткий исторический обзор зарождения, развития и становления нового направления науки об адгезии — адгезии полимеров к волокнам.

Для широкого круга читателей: научных сотрудников, преподавателей, студентов, магистров, аспирантов и всех тех, кто занимается исследованием поверхностных явлений, физикой и химией полимеров (в первую очередь — эпоксидов), созданием и эксплуатацией композиционных материалов.

ББК 24.7

ISBN 978-5-94588-238-6

© Горбаткина Ю. А.,
Иванова-Мумжиева В. Г., 2018
© Оформление, дизайн —
ТОРУС ПРЕСС, 2018



Издание осуществлено при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, проект 18-13-00035

Издание продаже не подлежит

СОДЕРЖАНИЕ

Основные обозначения и сокращения	6
Предисловие	9
Введение	12
Глава 1. Влияние природы и количества модификатора на адгезионную прочность соединений «эпоксид–волокно»	18
1.1 Адгезия эпоксидов, модифицированных активными разбавителями	18
1.2 Адгезия эпоксидов, модифицированных теплостойкими термопластами	24
1.3 Адгезия эпоксидов, модифицированных мелкодисперсными минеральными наполнителями	42
1.4 Адгезия эпоксидных олигомеров к телам (материалам) с низкой энергией поверхности	55
Глава 2. Изменение адгезионных свойств эпоксидных олигомеров, модифицированных термопластами, в процессе отверждения	67
Глава 3. Адгезионная прочность соединений «волокно – модифицированная эпоксидная матрица» в условиях эксплуатации	82
3.1 Влияние температуры испытания	83
3.2 Влияние скорости нагружения на прочность границы раздела соединений «волокно – модифицированная эпоксидная матрица»	91

3.2.1	Прочность границы раздела в системах «волокно – эпоксид, модифицированный активным разбавителем», при квазистатическом нагружении	92
3.2.2	Прочность границы раздела в системах «волокно – эпоксид, модифицированный теплостойким термопластом», при квазистатическом нагружении и малоскоростном ударе	97
3.3	Влияние жидкой среды на прочность границы раздела соединений «полимер–волокно»	102
3.3.1	Изменение адгезионной прочности при хранении соединений «волокно – эпоксидное связующее» в воде	103
3.3.2	Прочность соединений «полимер–волокно» при испытаниях в жидких средах	116
Глава 4. Дальнейшее развитие метода pull-out		135
4.1	Об интерпретации результатов, полученных при изучении методом pull-out адгезии полимеров к волокнам разных диаметров	136
4.2	Использование масштабных зависимостей адгезионной прочности и её дисперсии для изучения процесса разрушения соединений «полимер–волокно»	142
4.3	Электронно-микроскопическое исследование возникновения и развития трещин на границе раздела «связующее–волокно»	159
Вместо послесловия. Развитие работ по адгезии в лаборатории армированных пластиков ИХФ РАН		167
Приложение П1. Определение адгезионной прочности соединений «эпоксидная матрица – стальная проволока диаметром $d \geq 100$ мкм»		183

Приложение П2. Приготовление композиций «эпоксид – термостойкий термопласт»	184
Приложение П3. Приготовление композиций «эпоксид – мелкодисперсный наполнитель»	185
Приложение П4. Измерение поверхностного натяжения жидких эпоксидных смол	186
Приложение П5. Оценка смачиваемости модифицированных фторсоединениями отверждённых эпоксидных смол	187
Приложение П6. Измерение вязкости и краевых углов смачивания	188
Приложение П7. Исследование процесса отверждения	189
Приложение П8. Измерение остаточных напряжений	190
Приложение П9. Измерение температурной зависимости адгезионной прочности соединений «эпоксидная матрица – стальная проволока диаметром $d \geq 100$ мкм»	191
Приложение П10. Ударное нагружение	192
Литература	194