

ВЛИЯНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОДЛОЖКИ НА АДГЕЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ОДНОКОМПОНЕНТНОГО ЭПОКСИДНОГО КЛЕЯ ЭТП-2

Смирнов С.В.¹, Смирнова Е.О.^{1*}, Веретенникова И.А.¹, Пестов А.В.², Осипова В.А.²,
Коновалов Д.А.¹

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук»,
Екатеринбург, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
«Институт органического синтеза им. И.Я. Постовского Уральского отделения
Российской академии наук», Екатеринбург, Россия
E-mail: evgeniya@imach.uran.ru

Эпоксидные модифицированные материалы достаточно часто применяются в качестве покрытий или основы адгезионных технических материалов. При нанесении покрытий на металлические поверхности следует учитывать, что наружный слой подложки имеет макро- и микроотклонения от идеальной геометрической формы, который оказывает значимое влияние на прочность клеевых соединений. Увеличение параметров шероховатости может привести к увеличению адгезионной прочности. Это происходит за счет увеличения фактической площади склеивания, уменьшение распространения усталостных трещин, большей диссипацией в процессе деформации фрагмента клеевого материала, находящегося непосредственно в микронеровностях. С другой стороны, при высоких значениях шероховатости на поверхности подложки полного растекания клея по всей поверхности на практике не происходит из-за наличия на поверхности различных загрязнений и паров воды. Это может быть связано с большой вязкостью клея, который не затекает к микронеровности подложки, значительной усадкой клея в процессе отверждения и недостаточной толщиной клеевого шва, что может быть связано с абсорбцией клея парами пограничного слоя подложки. Все это может приводить к уменьшению адгезионной прочности

Целью настоящей работы является исследование влияния параметров шероховатости подложки на адгезионные свойства однокомпонентного эпоксидного клея ЭТП-2.

В качестве материала для исследования использовали покрытие на основе однокомпонентного эпоксидного клея ЭТП-2 горячего отверждения, разработанного в Институте органического синтеза им. И. Я. Постовского УрО РАН [1]. Клей формируется на основе коммерчески доступных эпоксидных смол с эпоксидным числом 20-27%, в качестве катализатора отверждения используется алкоксид титана(IV), синтез которого осуществляется путем реакции переэтерификации коммерчески доступных алкоксидов. Отверждение осуществляли по оптимизированным режимам, подобранным при проведении экспериментальных исследований свойств отвержденного материала в зависимости от вязкости клея и температурно-временного режима процесса. Средняя толщина покрытий на подложке составляла 85 мкм. Получаемое покрытие может быть охарактеризовано как твердое и хрупкое.

В качестве подложки использовали образцы с разной шероховатостью поверхности из пластины алюминий-магниевого сплава АМг6.

Определение топографии и параметров шероховатости поверхности подложки проводили на оптическом профилометре Optical profiling system Veeco WYKO NT1100, работающем по принципу интерферометрической микроскопии, в режиме вертикальной сканирующей интерферометрии. Вертикальная сканирующая интерферометрия позволяет измерять поверхности с высокими значениями

шероховатости, а также различные дефекты высотой (глубиной) до нескольких миллиметров. Параметры шероховатости поверхности были рассмотрены для поверхности (3D): Rq – среднеквадратичная шероховатость, рассчитанная для всей измеренной площади, Ra – среднее шероховатость, рассчитанная для всей измеренной площади, Rt – максимальная высота профиля, максимальная высота от пика до пика впадины. В таблице 1 приведены полученные значения параметров шероховатости для образцов подложки с разной шероховатостью поверхности.

Таблица 1 - Параметры шероховатости для случая 3D (вся измеренная поверхность)

№ подложки	Ra , мкм	Rq , мкм	Rt , мкм
1	2.88	3.17	14.81
2	1.08	1.42	10.34
3	0.35	0.49	5.7
4	0.11	0.15	3.08

На рисунке 1 приведено трехмерное 3D топографические изображения поверхности для образцов с разной шероховатостью поверхности.

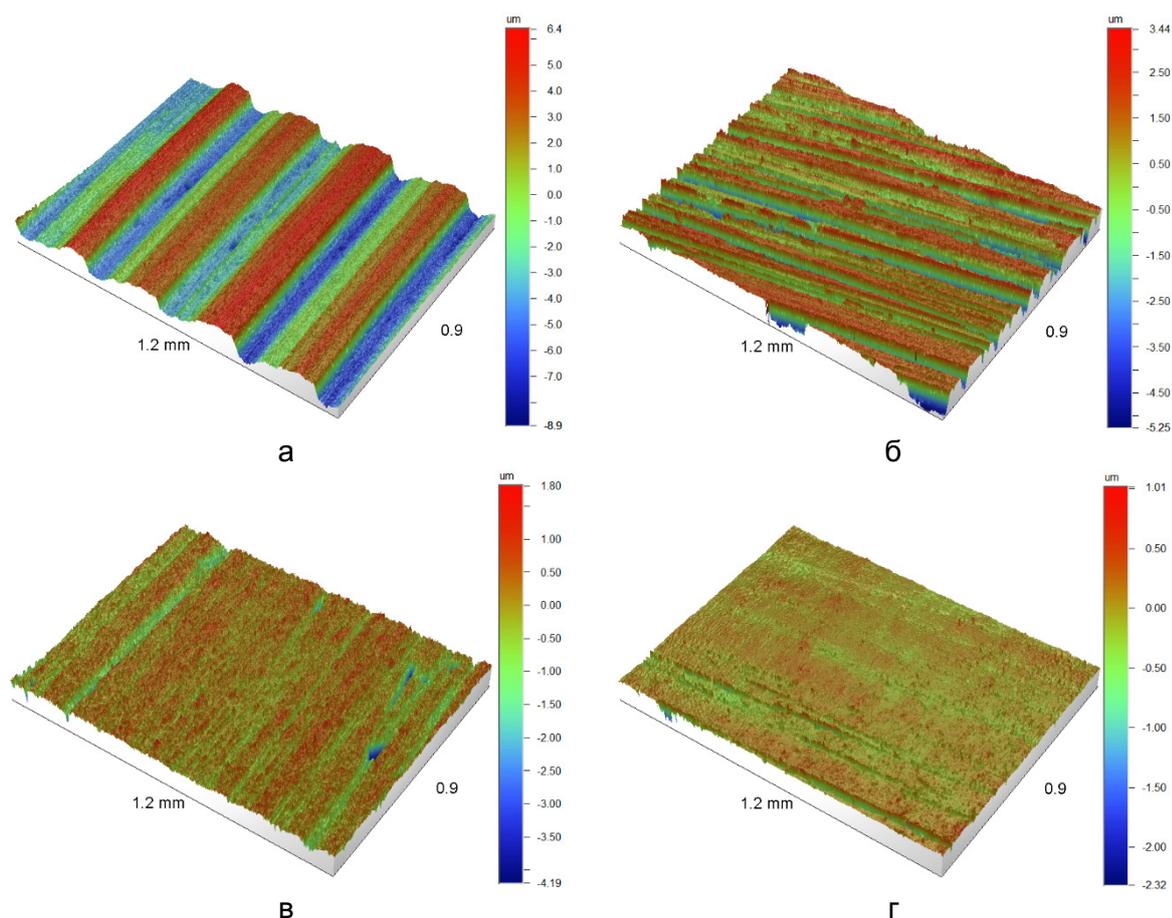


Рисунок 1 - Топографическое изображение поверхности образцов с разной шероховатостью поверхности

Эксперименты на царапание (скретч-тест) проводили с применением универсальной испытательной машины Zwick-2.5, в рабочее пространство которой помещался специальный столик, на котором было смонтировано автоматизированное

устройство для перемещения образца в горизонтальном направлении с датчиками, регистрирующими усилие горизонтального смещения. Величину поверхностной энергии адгезионного разрушения Γ рассчитывали, используя приближенную формулу Hutchinson и Suo, приведенную в работе [2].

На основании проведенных экспериментальных исследований было показано, что шероховатость поверхности оказывает влияние на адгезионные свойства однокомпонентного эпоксидного клея ЭТП-2, проявляющиеся в увеличивающемся латеральном усилии при царапании и в изменении поверхностной энергии расслоения.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИМАШ УрО РАН (тема 0391-2016-0002), изготовление материала проведены при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-08-01154).

Литература

1. Получение и изучение свойств полимеров на основе эпоксидных смол и олигохела-тотатанофениленсилоксанов / Суворов А. Л., Дульцева Л. Д., Овчинникова Г. И., Хрусталева Е. А., Останина Н. Ю., Абрамова В. И. // Журн. прикл. химии. – 2003. – Т. 76, № 11. – С. 1895-1900.
2. Determination of Adhesion Energy of CNx Thin Film on Silicon from Micro-Scratch Testing / Zhiqiang Liu, Jian Sun, Jia-Da Wu, Pei-Nan Wang, Weidian Shen // Tribology Transactions, 2004, v.47, is.1.