

УДК 62-762.846, 621.785.532

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ АНАЭРОБНЫХ ПОЛИМЕРНЫХ СОСТАВОВ  
И НАНОКОМПОЗИЦИЙ НА ИХ ОСНОВЕ**

Нотфуллин Ильдар Фаридович

*Магистр 1 года,**кафедра «Технологии обработки материалов»**Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: А.С. Кононенко,**доктор технических наук, профессор кафедры «Технологии обработки материалов»*

Валы нашли широкое применение в машиностроительной и других отраслях промышленности. Они являются наиболее прецизионными и уязвимыми деталями эксплуатируемых узлов и агрегатов. При поломке вала невозможно дальнейшее использование редукторов, двигателей, трансмиссий и иного оборудования.

Во время эксплуатации выход из строя вала происходит из-за нарушения его геометрии – выхода за границы допуска посадочных поверхностей под подшипники. Причинами изменения геометрии являются фреттинг-коррозия, механическое изнашивание, задиры, а также трещины и усталостное выкрашивание [1–4].

Приобретение или изготовление нового вала потребует больших материальных и временных затрат и будет нецелесообразным при выходе из строя только опорных поверхностей под подшипники. Основными методами восстановления такого дефекта являются шлифовка под ремонтный размер, наплавка, электролитическое наращивание и использование полимерных составов.

Наиболее перспективным способом восстановления изношенной опорной поверхности вала и продления его ресурса является фиксация дополнительной ремонтной детали (далее – ДРД) ремонтным композиционным составом на полимерной основе (рис.1). Предложенный способ обеспечивает хорошую стойкость к вибрациям и химическому воздействию, высокие антифрикционные и диэлектрические свойства, ремонтпригодность и износостойкость восстановленной поверхности, а также позволяет избежать возникновения фреттинг-коррозии [5–7].

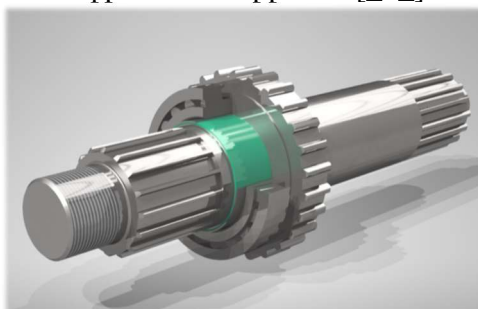


Рис. 1. Пример схемы установки ДРД на анаэробный состав

Среди отечественных полимерных материалов наибольшее распространение получил анаэробный состав Анатерм-111, который показал наилучшие прочностные характеристики в сравнении с зарубежными и отечественными аналогами (соответственно Loctite-638 (США) и Анакрол-101).

Для повышения эксплуатационных характеристик базового полимерного состава используют наполнители. Анализ литературных источников [8–9] показал, что одним из распространенных и эффективных наполнителей для полимерных материалов

является ультрадисперсный нанонаполнитель диоксид кремния, известный под торговой маркой Аэросил. Его добавление в анаэробный полимерный состав может привести к значительному увеличению прочностных и эксплуатационных характеристик полученной полимерной нанокомпозиции.

Проведенные экспериментальные исследования, результаты которых представлены на рисунке 2, показали, что при незначительном увеличении стоимости нанокомпозиции (менее 1 %), прочностные характеристики анаэробного состава Анатерм-111 повысились на 12,7% при добавлении нанонаполнителя Аэросил-200 в концентрации 0,5% по массе.

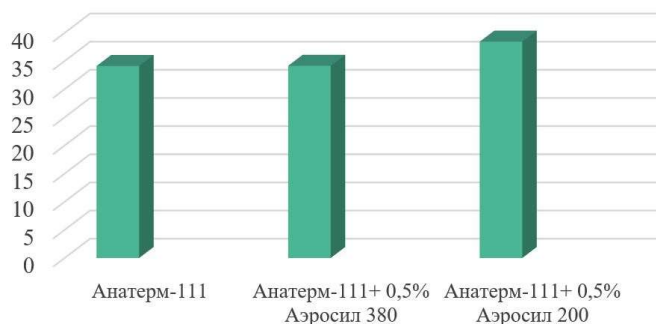


Рис. 2. Результаты исследования адгезионной прочности полимерных анаэробных составов (P, МПа)

Анализ ускоренных испытаний на стойкость к вибрационным нагрузкам анаэробного состава Анатерм-111 и нанокомпозиции на его основе (рис. 3) показал, что добавление нанонаполнителя Аэросил-200 позволило повысить исследуемый показатель базового анаэробного полимера до 11 %.

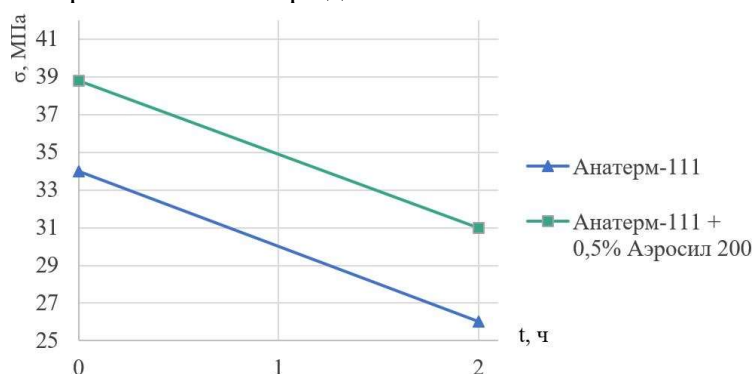


Рис. 3. Изменение адгезионной прочности полимеров после приложения вибрационных нагрузок

Вывод. Таким образом, при восстановлении опорных поверхностей валов наиболее эффективным является фиксация ДРД анаэробным полимерным материалом. Применение полимеров позволяет равномерно распределять нагрузку между опорной поверхностью вала и внутренним кольцом подшипника качения, исключить фреттинг-коррозию, повысить ремонтпригодность, а за счет упругой податливости полимера сглаживать пики контактных нагрузок, увеличивая ресурс узла. При использовании нанонаполнителя Аэросил-200 при незначительном увеличении стоимости готовой нанокомпозиции, прочностные характеристики анаэробного полимерного состава Анатерм-111 увеличились до 12,7%, а стойкость к вибрационным нагрузкам – до 11 %.

## Литература

1. Li, R.I. Theoretical Concerns in Selection of Metall Nanosized Fillers for the F-40 Elastomer Composition / R.I. Li, D.N. Psarev, M.R. Kiba // Polymer Science, Series D. 2019. V. 12, No. 1, P. 15–19.

2. *Кононенко, А.С.* Особенности восстановления шпиндельных валов металлорежущих станков полимерными материалами и нанокompозициями на их основе / Кононенко А.С., Кильдеев Т.А., Соловьева А.А. Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2018. № 10. С. 3-8.

3. *Игнаткин, И.Ю.* Способ восстановления вала редуктора с применением упрочненной ремонтной детали / И.Ю. Игнаткин, А.В. Дроздов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. №9. С. 13-17.

4. *Кононенко, А.С.* Стойкость к старению и вибрационным нагрузкам полимерного композиционного материала на основе анаэробного герметика «АН-111» / А.С. Кононенко, Д.Н. Псарев, А.Б. Рожнов. // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2019. № 5 (93). С. 4-8.

5. *Игнаткин, И.Ю.* Способ восстановления вала редуктора с применением упрочненной ремонтной детали / И.Ю. Игнаткин, А.В. Дроздов // Ремонт. Восстановление. Модернизация. 2020. №9. С. 13-17.

6. *Игнаткин, И.Ю.* Способ восстановления изношенной поверхности вала редуктора в соединении "вал-манжета" с применением ремонтной втулки и полимерных материалов / И.Ю. Игнаткин, А.В. Дроздов // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина» 2019. № 6 (94). С. 40-45.

7. *Ли Р.И.* Полимерные композиционные материалы для фиксации подшипников качения в узлах машин. – Липецк: Из-во ЛГТУ. – 2017. – 224 с.

8. *Кондрашин, С.И.* Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники анаэробными герметиками с дисперсными минеральными наполнителями: диссертация ... кандидата технических наук: 05.20.03 / Кондрашин Сергей Иванович; [Место защиты: Мичурин. гос. аграр. ун-т]. - Мичуринск-Наукоград РФ, 2009. - 119 с.: ил. РГБ ОД, 61 10-5/662

9. *Козлов, Г.В.* Структура и свойства дисперсно-наполненных полимерных нанокомпозитов/ УФН, 185:1 (2015), 35–64.

10. *Михальченков, А.М.* Методика и результаты испытаний на адгезионную прочность дисперсных полимерных клеевых композитов / А.М. Михальченков, С.А. Феськов, И.В. Козарез, А.А. Тюрева // Клеи. Герметики. Технологии. 2020. № 8. С. 34-37.