

УДК 620.172/.178.2

ВЛИЯНИЕ НАПОЛНИТЕЛЕЙ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНЫХ СМОЛ

Абдоков Виталий Эдуардович

Магистр 1 курса

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»

Редукторы, применяемые в нефтяной и газовой промышленности, работают в агрессивных средах и жестких условиях эксплуатации, что приводит к снижению их ресурса. Эту проблему решают за счет комплекса мероприятий, направленных на восстановление геометрических, технических и эксплуатационных характеристик быстро изнашиваемых компонентов редукторов: валов, зубчатых колес и корпусных деталей.

Одной из частых причин, лимитирующих ресурс редукторов, является износ посадочных поверхностей валов под подшипники качения [1–2]. Рабочие поверхности валов изнашиваются из-за фреттинг-коррозии, усталостного выкрашивания и абразивного износа ввиду нарушения режимов эксплуатации и высоких вибрационных нагрузок. Это приводит к увеличению ударных нагрузок на вал, повышению температуры и шума во время эксплуатации, а также к сокращению срока службы подшипниковых узлов [3–6]. Изготовление нового вала является дорогостоящим и металлоёмким процессом, поэтому более экономичным решением будет восстановление его изношенных поверхностей [7]. В настоящее время существует много классических способов восстановления цилиндрических поверхностей, таких как лазерная или плазменная наплавка, электролитическое наращивание или напыление износостойких покрытий.

Применение металлонаполненных полимерных составов на основе эпоксидных смол превосходит классические способы по экономической и технологической эффективности. Этот способ исключает необходимость в специальном оборудовании и высококвалифицированном персонале. Однако, применяемые для реализации данного способа металлополимеры на основе эпоксидных смол имеют недостаток – недостаточно высокие механические характеристики. Этот недостаток устраняется при модифицировании полимеров мелкодисперсными наполнителями, добавление которых в исходный состав приводит к увеличению модуля упругости композиции, адгезии полимера с восстанавливаемой поверхностью и твердости полимерной композиции [8].

Анализ показал, что для восстановления валов в редукторах, применяемых в нефтяном и газовом машиностроении, целесообразно использовать металлонаполненный эпоксидный состав «Анатерм-216» производства АО «НИИ полимеров». Данный материал обладает высокими исходными эксплуатационными характеристиками, включая адгезионную прочность 31,1 МПа, модуль упругости 1,61 ГПа и твердость 82 HSD.

С целью улучшения свойств данного полимерного состава было проведено его модифицирование органическим п-Динитробензолом (п-ДНБ) производства компании ООО «А-ВАГО» и неорганическим диоксидом кремния (SiO₂). п-Динитробензол – это ароматическое нитросоединение с двумя нитрогруппами в пара-положении, представляющее собой жёлтое кристаллическое твёрдое вещество. Плотность п-

Динитробензола составляет $\sim 1,63 \text{ г/см}^3$. Диоксид кремния (нано-SiO₂) – один из самых распространённых и хорошо изученных нанонаполнителей для эпоксидных композиций, его плотность находится в диапазоне $\sim 2,0\text{--}2,2 \text{ г/см}^3$.

Для определения адгезии полимерных составов наиболее приемлемым является способ определения статической прочности при равномерном отрыве соединений в соответствии с ГОСТ 14760. Сущность способа заключается в определении величины разрушающей силы при растяжении образцов стандартной формы диаметром 25 мм, склеенных встык, усилиями, которые направлены перпендикулярно плоскости склеивания. Испытания проводились на испытательной машине И1147М-50-03-1, которая позволяет фиксировать смещение образца от приложенных нагрузок, благодаря чему оценивались модули упругости композиций.

Для определения твердости покрытий из полимерных материалов использовался метод измерения твердости по Шору согласно ГОСТ 24621. Сущность метода заключается во вдавливании индентора в испытуемый материал под действием силы в заданных условиях и измерении глубины вдавливания. Показатель твёрдости полимерного покрытия позволяет оценить способность металлополимера сопротивляться смятию и износу.

Проведенные исследования показали, что наполнение полимерного состава «Анатерм-216» органическим модификатором п-ДНБ в концентрации 1% позволило повысить его адгезионную прочность на 25,4% (до 38,98 МПа), модуль упругости на 26,5% (до 2,01 ГПа) и твердость на 7,5% (до 88 HSD). Использование в качестве наполнителя диоксида кремния (SiO₂) в концентрации 1,5% привело к незначительным изменениям механических характеристик исходного полимерного состава.

Вывод.

- Экспериментально доказано, что добавление наполнителей приводит к повышению адгезионной прочности (до 25,4%), модуля упругости (до 26,5%) и твердости по Шору (до 7,5%) полимерных составов на эпоксидной основе.
- Наилучшие механические характеристики у полимерной композиции наблюдаются при использовании в качестве наполнителя п-Динитробензола в концентрации 1%.

Литература

1. Длоугий В. В. Приводы машин: справочник / В. В. Длоугий, Т. И. Муха, А. П. Цупиков, Б. В. Януш; под общ. ред. В. В. Длоугого. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение, 1982. – 383 с.
2. Кононенко, А.С. Восстановление посадочных мест под подшипники качения в корпусных деталях машин полимерными нанокompозитами [Текст] / А.С. Кононенко, И.А. Кузнецов // Труды ГОСНИТИ. 2016. Т. 124 (2). С. 81–85.
3. Мельников О.М. Работоспособность соединений «Вал-манжета» и повышение их надёжности // Вестник ФГОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2018.
4. Кононенко, А.С. Герметизация неподвижных фланцевых соединений анаэробными герметиками при ремонте сельскохозяйственной техники [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03 / Кононенко Александр Сергеевич. – М., 2001. – 156 с.
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. 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.

8. Зимон А. Д. Адгезия пленок и покрытий. – М.: Химия, 1977. – 352 с.