

ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС В АГРОПРОМЫШЛЕННОМ КОМПЛЕКСЕ

УДК 678:53

А.С. Кононенко, канд. техн. наук

К.Г. Дмитраков

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

СТОЙКОСТЬ СОСТАВОВ ХОЛОДНОГО ОТВЕРЖДЕНИЯ И НАНОКОМПОЗИЦИЙ К ВОЗДЕЙСТВИЮ ВЫСОКИХ ТЕМПЕРАТУР

Одной из основных задач в машиностроении является увеличение срока службы подверженных эксплуатационным изменениям деталей. Среди них важное место занимает радиатор системы охлаждения ДВС, обеспечивающий тепловой баланс работающего двигателя [1]. Радиатор — это в первую очередь сложный высокотехнологичный аппарат большой прочности и точности по геометрии.

Условия работы радиатора весьма экстремальны и агрессивны. Так, например, давление охлаждающей жидкости в радиаторе достигает 0,2 МПа, температура до +125 °С, вибрационные нагрузки, приводящие к усталостным разрушениям, коррозионное разрушение, различные механические повреждения, сопровождающиеся утечкой рабочей жидкости. Восстановление герметичности радиаторов системы охлаждения ДВС с помощью традиционной пайки связано с технологическими трудностями, повышенной трудоемкостью ремонтных работ и отсутствием специализированной ремонтной базы. Поэтому в последнее время в качестве герметизаторов широко используются полимерные композиты холодного отверждения на основе эпоксидных смол [2], которые получили название «холодная сварка». Среди них на российском рынке широкое распространение получили отечественные композиты Алмаз, Полирем «Лекар» и зару-

бежные — Rохіpol, Loctite и ряд других. Наибольшее применение из них получили Алмаз и Rохіpol. Составы холодного отверждения стойки к рабочим жидкостям, вибрационным нагрузкам, старению, коррозии. Диапазон рабочих температур композиций от –50 до +150 °С.

Сведения о преимуществах и недостатках этих составов в литературных источниках отсутствуют, а практика показывает, что их свойства не всегда соответствуют эксплуатационным требованиям современной техники.

Для улучшения физико-механических свойств и повышения долговечности полимерных составов в настоящее время в качестве наполнителей активно используются наноматериалы [3]. При их введении в матрицу полимеров можно получить совершенно новые композиционные материалы, в значительной степени превосходящие по свойствам исходные составы [4]. Нанонаполнители позволяют управлять физико-механическими свойствами исходных материалов. Так, за счет введения различных наполнителей с определенной концентрацией можно в значительной степени улучшить одни свойства, при этом подавив другие, в зависимости от того, какие требования предъявляются к ремонтируемым деталям. Эти изменения обеспечиваются за счет того, что наночастицы обладают малы-

ми размерами и высокой поверхностной энергией в отличие от традиционных наполнителей, но воздействие нанопополнителей на полимерные материалы недостаточно изучено.

Одним из свойств, влияющих на работоспособность полимерных составов, в том числе на основе эпоксидных смол, является теплостойкость, которая определяет способность составов сохранять эксплуатационные качества при повышенных температурах. Теплостойкость характеризует верхнюю границу области температур, в которой полимерные составы могут нести механические нагрузки без изменения формы.

Как показывает практика, нижняя температурная граница $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ в условиях эксплуатации техники является практически недостижимой. Радиаторы системы охлаждения, как правило, в реальных условиях работают при повышенных температурах, поэтому исследования были нацелены на изучение свойств полимерных композитов при температурах, приближенных к реальным.

Для изучения теплового воздействия на композитные наноматериалы были произведены сравнения базовых составов с нанопополненными. За основу были выбраны составы отечественного производства Алмаз и зарубежного Rохіроl.

С целью изучения свойств композитных наноматериалов на основе исследуемых составов холодного отверждения их смешивали с наноструктурным гидроксидом алюминия АlOOH (далее — бемит) и фуллереновой сажей в пропорциях 100:1 и 1000:1 соответственно. Оптимальное соотношение определялось экспериментальным путем.

Составы наносились на цилиндрические стальные диски диаметром 30 мм и толщиной 5 мм, толщина покрытия составила 200 мкм. Покрытия выдерживались на открытом воздухе при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение 24 ч. После окончательной полимеризации составы термообработывали в сушильно-стерилизационном шкафу ШСС-80п с автоматическим поддержанием температуры. За начальную точку термостатирования выбрали температуру $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, максимальная температура составила $+200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Интервал увеличения температуры от начальной точки термостатирования до максимальной составил $+10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Образцы термостатировали при установленной температуре в течение 30 мин, после чего подвергали испытаниям на модернизированном твердомере типа ТП, оснащенный индикаторной головкой МИГ-1М [5].

С помощью твердомера ТП определяли толщину покрытия до нагружения и в момент снятия нагрузки.

Время нагружения измеряли по секундомеру, но составляло 60 с при давлении 10 МПа на цилиндрический индентор.

Нагрузку на шарик определяли по формуле

$$P = 0,5d^2. \tag{1}$$

Для расчета теплостойкости тонких полимерных покрытий использовали формулу Герца, в которой теплостойкость определяется по изменению «условного модуля упругости» при нагревании («модуль упругости»):

$$E = 0,795 \frac{P}{\Delta^{3/2} \Delta^{1/2}}, \tag{2}$$

где P — нагрузка на шарик, Н; Δ — глубина погружения шарика в полимерное покрытие, м; d — диаметр шарика индентора, м.

Эксперименты показали, что при нагревании полимерных покрытий выше температуры их теплостойкости модуль упругости резко снижается и сводится к нулевой отметке. Так, при температуре $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ модуль упругости исходных составов Алмаз и Rохіроl составил соответственно 441 и 412 МПа (рис. 1). При нанопополнении бемитом и фуллереновой сажей эти значения для отечественных наноконпозиций увеличились соответственно на 12,5 и 21,0 % и составили соответственно 496 и 534 МПа. Для зарубежных наноконпозиций увеличение соответственно составило 8,2 и 15,5 %, а значения достигли 446 и 476 МПа.

Способность покрытий восстанавливать исходные размеры после снятия нагрузки характеризует коэффициент восстанавливаемости.

Коэффициент восстанавливаемости определяется по формуле, %:

$$K_{\text{вос}} = \frac{h_2 - h_1}{h_0 - h_1} 100, \tag{3}$$

где h_0 и h_1 — толщина покрытия до и после нагружения (не снимая нагрузки), мкм; h_2 — толщина покрытия после снятия нагрузки, мкм.

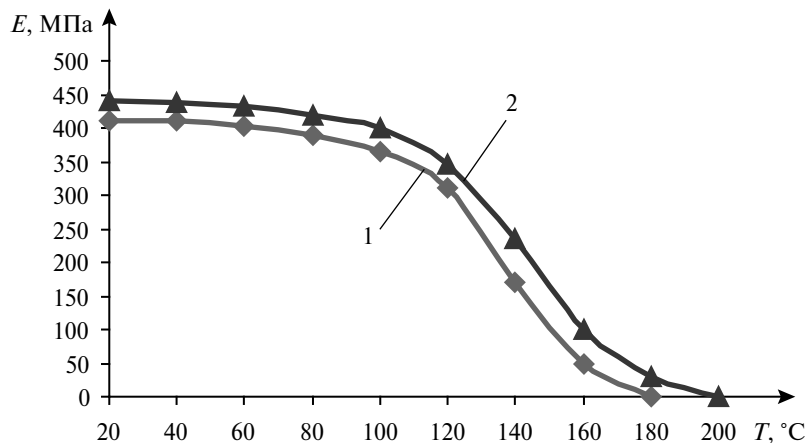


Рис. 1. Зависимость модуля упругости составов E от температуры T : 1 — Rохіроl; 2 — Алмаз

Исследования показали, что при увеличении температуры коэффициент восстанавливаемости снижается для всех исследуемых наноконструкций. Так, для составов Алмаз и Рохірол при +20 °С значения этого коэффициента соответственно составили 40,2 и 31,8 %, а с увеличением температуры до +200 °С они снизились до 5,1 и 3,3 %. Отечественный и зарубежный составы, наполненные бемитом, при +20 °С имеют значения коэффициента восстанавливаемости, равные соответственно 45,7 и 35,9 %, а при +200 °С — соответственно 7,3 и 5,3 %. При использовании фуллереновой сажи эти значения для отечественной композиции снизились с 49,5 до 8,7 %, а для зарубежной — с 38,7 до 6,5 %. Из представленных графиков (рис. 2) видно, что коэффициент восстанавливаемости отечественного состава выше зарубежного, что свидетельствует о более высоких упругих свойствах первого.

Следует отметить, что разность коэффициентов восстанавливаемости составов Алмаз и Рохірол, а также наноконструкций на их основе наиболее интенсивно уменьшается при повышении температуры выше +100 °С.

Исследования показали, что при наполнении составов бемитом теплостойкость возрастает на 6...19 %, а фуллереновой сажой — на 8...24 %.

На основании полученных результатов можно сделать вывод, что исследуемые нанонаполнители приводят к увеличению модуля упругости и теплостойкости составов. За счет этого составы способны работать при более высоких температурах, не меняя в значительной степени свои физико-механи-

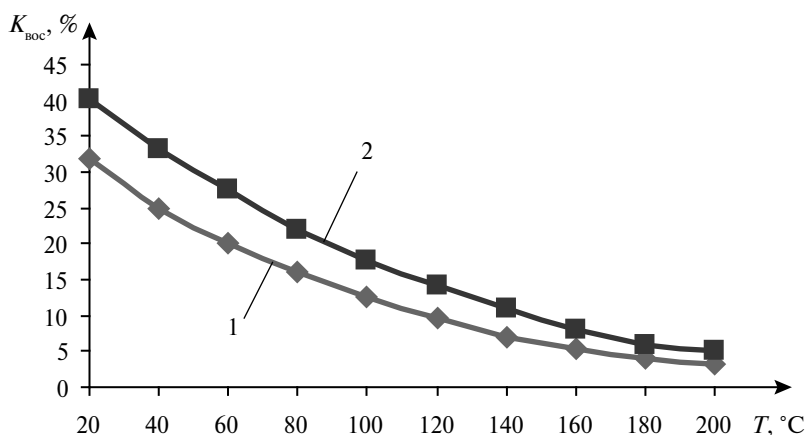


Рис. 2. Зависимость коэффициента восстанавливаемости $K_{вос}$ полимерных составов от температуры T :
1 — Рохірол; 2 — Алмаз

ческие свойства и отвечая современным требованиям эксплуатации техники.

Список литературы

1. Кононенко, А.С. Восстановление радиаторов / А.С. Кононенко, Р.В. Киселёв // Сельский механизатор. — 2004. — № 6. — С. 22–23.
2. Чернин, И.З. Эпоксидные полимерные составы и композиты / И.З. Чернин, Ф.М. Смехов, Ю.В. Жердев. — М.: Химия, 1982. — 232 с.
3. Кононенко, А.С. Теория и практика герметизации фланцевых соединений сельскохозяйственной техники полимерными наноконструкциями: монография / А.С. Кононенко. — М.: ФГБОУ ВПО МГАУ, 2011. — 180 с.
4. Гусев, А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии / А.И. Гусев. — М.: Физматлит, 2005. — 416 с.
5. Лебедев, Л.М. Машины и приборы для испытания полимеров / Л.М. Лебедев. — М.: Машиностроение, 1967. — 212 с.

УДК 658.562

О.А. Леонов, доктор техн. наук

Н.Ж. Шкаруба, канд. техн. наук

Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина

АЛГОРИТМ ВЫБОРА СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПО ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИМ КРИТЕРИЯМ

Выбор средств измерений — одна из важнейших задач метрологического обеспечения производства. От правильного ее решения зависит качество конечной продукции, промежуточного и входного контроля. Из-за наличия погрешности измерений часть годных деталей может быть забракована, а часть бракованных попадает в год-

ные. Анализ потерь от неправильного забраковывания или принятия изделий — сложная экономическая задача [1]. На общую экономическую эффективность контроля оказывает влияние также стоимость измерительных приборов и текущие эксплуатационные расходы, включающие в себя затраты на ежегодную поверку, на материа-