

ЛИ Р.И., БУТИН А.В., МАШИН Д.В.

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ
КОМПОЗИЦИЯМИ НА ОСНОВЕ ЭЛАСТОМЕРОВ**

Аннотация. Теоретически обоснована модификация эластомеров дисперсными металлическими порошками. Показано, что модификация эластомеров позволит уменьшить податливость опор, увеличить теплоотвод от подшипникового узла, уменьшить температуру и время отверждения, увеличить предельно допускаемую толщину полимерного покрытия при восстановлении посадочных мест подшипников в корпусных деталях.

Ключевые слова: Восстановление, подшипник, полимер, композиция, соосность.

**THEORETICAL QUESTIONS OF INCREASE EFFICIENCY OF RESTORATION OF
THE CASE DETAILS OF AUTOTRACTOR TECHNICS BY COMPOSITIONS ON THE
BASIS OF ELASTOMERS**

Summary. Modification of elastomers by disperse metal powders is theoretically proved. It is shown that modification of elastomers will allow to reduce a pliability of support, to increase the heat sink from bearing knot, to reduce temperature and polymerization time, to increase extremely allowed thickness of a polymeric covering at restoration of seats of bearings in case details.

Keywords: Restoration, bearing, composition, polumer, coaxiality

Восстановление посадочных мест подшипников полимерными покрытиями в корпусных деталях позволяет значительно повысить ресурс подшипниковых узлов. При восстановлении посадочных мест эластомером-герметиком 6Ф многократно увеличивается ресурс подшипников. При толщине покрытия герметика 6Ф 0,089 мм ресурс увеличился в 3,6 раза, а при толщине покрытия 0,139 мм – 5,8 раза по сравнению с расчетной [1]. Наряду с этим, с увеличением толщины полимерного покрытия возрастает деформация наружного кольца при радиальном нагружении и, соответственно, смещение вала относительно отверстия корпусной детали. Данная проблема актуальна для эластомеров, обладающих высокой эластичностью (податливостью). Необходимо отметить, что предельная толщина покрытия из эластомера в значительной мере ограничена значением

податливости восстановленной опоры при радиальном нагружении подшипника. Нарушение соосности вала и отверстия корпусной детали отрицательно влияет на ресурс зубчатых колес, установленных на валах трансмиссии автотракторной техники. Поэтому при выборе полимерных материалов или разработке новых важно учитывать их деформационно-прочностные свойства, в аспекте обеспечения допустимой соосности вала и отверстия корпусной детали, при радиальном нагружении подшипника.

Цель теоретических исследований – обосновать условия обеспечения соосности деталей восстановленного подшипникового соединения и улучшение потребительских свойств эластомеров при наполнении дисперсными металлическими порошками, приводящие к повышению эффективности восстановления посадочных мест подшипников в корпусных деталях

композиционными материалами на основе эластомеров.

Центральное тело качения в подшипнике является наиболее нагруженным. Поэтому деформация наружного кольца подшипника напротив центрального тела качения при радиальном нагружении подшипника будет максимальной. Принято допущение, что смещение вала с подшипником относительно отверстия корпусной детали равняется деформации наружного кольца напротив центрального тела качения при радиальном нагружении подшипника.

Деформацию наружного кольца подшипника напротив центрального u_0 тела качения определяют по формуле

$$u_0 = -\frac{1}{8EJ\beta^3} (P_0 + 2P_1 e^{-\beta l_1} (\sin \beta l_1 + \cos \beta l_1) + 2P_2 e^{-2\beta l_1} (\sin 2\beta l_1 + \cos 2\beta l_1)) \quad (1)$$

где E – модуль упругости материала подшипника; J – момент инерции поперечного сечения балки (наружного кольца подшипника); l_1 – расстояние между точками приложения нагрузок на центральное, первые и вторые боковые тела качения; P_0, P_1, P_2 – нагрузка на центральное, первое и второе тела качения, соответственно; β – коэффициент,

$$\beta = \sqrt[4]{\frac{k}{4EJ}} \quad (2)$$

где k – коэффициент пропорциональности (погонный коэффициент постели) между реакцией в каждой точке балки и прогибом.

$$k = k_i b \quad (3)$$

где k_i – коэффициент податливости упругого основания (коэффициент постели); b – ширина балки.

Определим зависимость между коэффициентом постели и модулем упругости материала полимерного покрытия.

Коэффициент постели k_i в соответствии с формулой Винклера [2]

$$k_i = \frac{P}{S} \quad (4)$$

где P – давление на поверхности упругого основания; S – прогиб (перемещение) сжимаемого упругого основания.

Прогиб полимерного покрытия можно определить по формуле

$$S = \frac{P(1 - \mathcal{G}_i)(1 - 2\mathcal{G}_i)h_i}{(1 - \mathcal{G}_i)E_i} \quad (5)$$

где \mathcal{G}_i и \mathring{A}_i – средние значения коэффициента Пуассона и модуля упругости материала полимерного покрытия в пределах сжимаемой толщины h_i , соответственно.

Как следует из формулы (5), чем больше модуль упругости \mathring{A}_i , тем меньше перемещение S , и, в соответствии с формулой 4, больше коэффициент постели k_i . Поэтому, чтобы уменьшить деформацию наружного кольца подшипника при большой толщине полимерного покрытия из эластомера, необходимо увеличить модуль упругости последнего.

При введении в эластомер дисперсных металлических порошков увеличится модуль упругости композиции, значение которого можно определить по обобщенному уравнению Нильсена [3]

$$E_{nk} = E_n \left(\frac{1 + ABV_f}{1 - B\psi V_f} \right) \quad (6)$$

$$A = k_E - 1, \quad B = \frac{\frac{E_{nan}}{E_n} - 1}{\frac{E_{nan}}{E_n} + A}$$

$$\psi = 1 + \left(\frac{1 - P_f}{P_f^2} \right) V_f,$$

где E_{nk} , E_n , E_{nan} – модули упругости полимерной композиции, полимера

(матрицы) и наполнителя соответственно; A , B и ψ – коэффициенты; k_E – коэффициент Эйнштейна, зависящий от формы и ориентации частиц наполнителя; V_f – объемная доля наполнителя; P_f – максимальная объемная доля частиц наполнителя при заданном типе упаковки.

Введение наполнителя с более высокой вязкостью разрушения позволяет получить композиции с более высокой вязкостью разрушения по сравнению с полимерной матрицей. Наиболее высокую вязкость разрушения имеют металлы: алюминий, его сплавы, медь и сталь. Использование дисперсных порошков этих металлов в качестве наполнителя в эластомерах является очень перспективным в плане повышения вязкости разрушения и долговечности при циклическом нагружении.

Теплопроводность композиции с дисперсным металлическим порошком многократно увеличивается, что позволяет повысить теплоотвод от подшипникового узла и уменьшить его температурную напряженность. При введении металлических наполнителей коэффициент теплопроводности композиции на основе герметика АН-112 составляет $\lambda_k = 10,06$ Вт/м*К, что в 23 раза превышает коэффициент теплопроводности не наполненного герметика АН-112.

Известно, что при введении дисперсного порошка меди или его сплавов в очень малой концентрации (до 1%) сокращается время и возможно снижение температуры отверждения полимерного материала. Время отверждения анаэробного герметика АН-112, при котором образуется сшитый полимер, составляет 4,0; 3,0 и 2,0 ч при температурах 10; 20 и 40 °С, соответственно. При введении дисперсных металлических наполнителей в анаэробный герметик АН-112 время отверждения композиции значительно сократилось и составило 3,0;

2,0 и 1,0 ч при температурах 10; 20 и 40 °С, соответственно.

Выводы

1. Чтобы обеспечить допусаемую соосность вала относительно отверстия корпусной детали при восстановлении корпусных деталей эластомерами, необходимо уменьшить податливость опор за счет увеличения модуля упругости материала покрытия.

2. Модуль упругости материала покрытия следует увеличивать за счет введения в эластомер дисперсных металлических порошков.

3. Введение дисперсных металлических порошков в эластомер также позволит:

- увеличить теплопроводность композиции и, соответственно, теплоотвод от подшипникового узла;

- сократить время и температуру отверждения;

- увеличить предельно допусаемую толщину полимерного покрытия при восстановлении посадочных мест подшипников в корпусных деталях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1 Курчаткин, В. В. Восстановление посадок подшипников качения сельскохозяйственной техники полимерными материалами [Текст]: дис ... док. техн. наук. / Курчаткин В.В. – М., 1989, – 407 с.

2 Горб, А. М. Совершенствование аналитических методов расчёта конструкций промышленных полов из цементобетона, расположенных на упругом грунтовом основании в случае использования модели местных упругих деформаций [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Горб А. М. – М., 2009. – 140 с.

3 Бочаров, А. В. Повышение эффективности восстановления неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники адгезивами, наполненными дисперсными металлическими порошками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Бочаров А. В. – Мичуринск, 2009. – 150 с.

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Ли Роман Иннокентьевич - доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Транспортные средства и техносферная безопасность»

ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет

Телефон (домашний/сотовый и служебный): 89066889267, (4742)328088

Электронная почта, сайт: romanlee@list.ru, www.stu.lipetsk.ru

Бутин Антон Владимирович - кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность»

ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет

Должность: Телефон (домашний/сотовый и служебный): 89046978729, (4742)328269

Электронная почта, сайт: brunei@mail.ru, www.stu.lipetsk.ru

Машин Д. В. - аспирант кафедры «Транспортные средства и техносферная безопасность»

ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет

Телефон (домашний/сотовый и служебный): 89806757473, (4742)328081

Электронная почта, сайт: mashin.dmitry2012@yandex.ru, www.stu.lipetsk.ru

РЕЦЕНЗЕНТ

Корчагин В.А. – заслуженный деятель науки РФ, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой «Управление автотранспортом», ФГБОУ ВПО Липецкий государственный технический университет