

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПОСАДКИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН ЭЛАСТОМЕРНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Аязбай Марат Дилдабекович, доцент, Таразский государственный университет им. М.Х. Дулати, г.Тараз

Иблдаев Бисен Куатович, профессор, Казахский агротехнический университет им. С.Сейфуллина, г.Нур-Султан

Ибылдаев Мурат Хыдырович, доцент, Таразский государственный университет им. М.Х.Дулати, г.Тараз

Аннотация. Исследовано влияние крутящего момента подшипников качения, в частности посадки подшипников качения типа вал-подшипник качения транспортной техники на повышение их долговечности. Для повышения прочности и долговечности восстановления эластомерами посадки подшипников качения приведена величина натяга эластомерного покрытия соединения вал-подшипник качения транспортной техники. По результатам исследования определена величина натяга при восстановлений посадки подшипников качения эластомерами.

Ключевые слова: вал, подшипник качения, посадка, долговечность, восстановление, полимерная пленка, эластомер, нагружение, фреттинг-коррозия, толщина.

При восстановлении посадки подшипников качения эластомерными покрытиями одним из важным фактором является натяг соединения. Кроме способности нести радиальную нагрузку полимерное покрытие, находящееся между охватываемой и охватывающей деталями, должно обеспечить неподвижность соединения при приложении крутящего момента.

За предельное состояние неподвижного соединения с полимерным покрытием принимаем такое состояние, при котором внутреннее кольцо подшипника начинает проворачиваться на шейке вала [1].

Крутящий момент на внутреннем кольце подшипника возникает от момента трения в подшипнике [1].

$$M_{тр} = f_{np} * P \left(\frac{d}{2} + h \right), \quad (1)$$

где f_{np} - приведенный коэффициент трения, определяемый в зависимости от типа подшипника;

P - внешняя радиальная нагрузка на подшипник, Н;

d, h - диаметр вала и толщина покрытия, м.

Момент трения, удерживающий внутреннее кольцо подшипника от проворота, можно выразить через удельное контактное давление [1]

$$M_{y\partial} = \frac{1}{2} P_k * \pi * (d + 2h)^2 * b * f, \quad (2)$$

где $M_{уд}$ - момент трения, удерживающий внутреннее кольцо от проворота, Нм;

d, b - диаметр вала и длина соединения, м;

f - статический коэффициент трения;

p_k - удельное давление в соединении от запрессовки, Па.

Для обеспечения неподвижности соединения необходимо, чтобы [2]

$$M_{уд} \geq M_{тр}, \quad (3)$$

Приравняв правые части уравнений 1 и 2, затем после преобразования, получим:

$$p_k = \frac{f_{np} P}{\pi(d + 2h) * b * f}, \quad (4)$$

где p_k - удельное контактное давление, создаваемое внешней радиальной нагрузкой, Па.

Удельное давление приводит к возникновению нормальных радиальных σ_r и окружных σ_t напряжений в деталях соединения.

Начальные окружные напряжения на сопрягаемых поверхностях можно создать при сборке соединения с натягом [2]

$$\sigma_{ot} = \frac{2EN}{d + 2h}, \quad (5)$$

где σ_{ot} - начальное окружное напряжение на сопрягаемой поверхности, Па;

N - натяг соединения, м;

d - диаметр вала, м;

E - модуль упругости полимерного покрытия, Па;

h - толщина полимерного покрытия, м.

Текущие значения окружных напряжений определяются из выражения

$$\sigma_t = \frac{p_k(d + 2h)}{2h}, \quad (6)$$

В момент соединения деталей и запрессовки начальное окружное напряжение можно принять равной текущему напряжению, то есть

$$\sigma_{ot} = \sigma_t, \quad (7)$$

Для определения эффективного натяга соединения необходимо внести компенсации на величину температурной деформации и нестабильность физико-механических свойств полимерного покрытия

$$N_{\text{э}} = N_p + \Delta N_m + \Delta N_{\text{в}}, \quad (10)$$

где N_p - расчетный минимальный натяг соединения, м;

ΔN_m - величина компенсации температурной деформации, м;

$\Delta N_{\text{в}}$ - величина компенсации, учитывающая уменьшение прочности соединения с натягом с течением времени в связи с ползучестью и релаксацией напряжений, м.

Величину компенсации температурной деформации можно определить по следующей формуле

$$\Delta N_T = d \cdot \Delta t \cdot (\alpha_n - \alpha_m), \quad (11)$$

где d - диаметр соединения, м;

Δt - величина отклонения рабочей температуры от комнатной, $^{\circ}\text{C}$;

$\alpha_{\text{п}}, \alpha_{\text{м}}$ - коэффициенты линейного расширения полимерного покрытия и металла, $1/^{\circ}\text{C}$.

Усилие распрессовки неподвижного соединения по истечении некоторого промежутка времени связано с начальным усилием запрессовки соединения следующей зависимостью

$$P_{\text{в}} = P_{\text{з}} \cdot t^{-m}, \quad (12)$$

где $P_{\text{в}}$ - усилие распрессовки соединения по истечении времени эксплуатации соединения, Н;

$P_{\text{з}}$ - усилие запрессовки в момент формирования неподвижного соединения, Н;

t - время эксплуатации соединения, ч;

m - показатель степени, зависящий от марки полимера и условий эксплуатации, $1/\text{ч}$.

Учитывая уравнение А.Пальмгрена для определения усилия запрессовки и распрессовки вала во внутреннее кольцо подшипника, имеем

$$P = f_{\text{к}} \cdot f_{\text{Е}} \cdot N, \quad (13)$$

где P - усилия запрессовки ($P_{\text{з}}$) или распрессовки ($P_{\text{р}}$), Н;

$f_{\text{к}}$ - фактор сопротивления, зависящий от коэффициента трения, определяется по выражению: $f_{\text{к}} = F(f_{\text{з}}, f_{\text{р}})$;

$f_{\text{з}}$ - фактор сопротивления при запрессовке и $f_{\text{р}}$ - при распрессовке соединения;

N - натяг соединения, м;

$f_{\text{Е}}$ - фактор, зависящий от размеров кольца и определяемый по уравнению

$$f_{\text{Е}} = v \cdot [1 - (d / d_0)^2], \quad (14)$$

где v - ширина подшипника качения, м;

d - диаметр внутреннего кольца подшипника качения, м;

d_0 - приведенный наружный диаметр внутреннего кольца подшипника качения, м.

Подставляя уравнение 13 в 12, можно записать следующее выражение

$$N_{\text{в}} = (f_{\text{з}} / f_{\text{р}}) \cdot N_{\text{з}} \cdot t^{-m}, \quad (15)$$

где $N_{\text{в}}$ - натяг соединения, по истечении некоторого промежутка времени эксплуатации, м;

$N_{\text{з}}$ - натяг соединения перед сборкой соединения, м.

Величина компенсации натяга, учитывающая уменьшение прочности соединения или компенсация натяга соединения по истечении некоторого времени эксплуатации определяется по следующему уравнению

$$\Delta N_{\text{в}} = N_{\text{з}} \cdot [1 - (f_{\text{з}} / f_{\text{р}}) \cdot t^{-m}], \quad (16)$$

Подставляя значения $\Delta N_{\text{т}}$ и $\Delta N_{\text{в}}$, в выражение 10 и принимая

$$N_{\text{э}} = N_{\text{з}}, \quad (17)$$

получим уравнение для определения эффективного натяга, обеспечивающего максимальную долговечность неподвижного соединения, восстановленного эластомером-герметик 6Ф:

$$N_{\text{э}} = \frac{f_p}{f_3 * t^{-m}} \left[\frac{P * f_{np} (d + 2h)}{4\pi * b * h * E * f} + d * \Delta t * (\alpha_n - \alpha_m) \right], \quad (18)$$

Однако такую величину натяга можно получить только при определенных физико-механических свойствах полимерного покрытия. В случае сборки соединения с величиной натяга, превышающей определенную величину, будет происходить разрушение покрытия при запрессовке.

Величину наибольшего контактного давления от натяга, при котором не происходит разрушения покрытия при запрессовке определим по уравнению

$$p_{\text{max}} = 1,15 * \delta_s * \ln\left(\frac{r+h}{r}\right), \quad (19)$$

где δ_s - предел текучести полимерного покрытия, Па;

r - радиус посадочной поверхности охватываемой детали, мм;

h - толщина полимерного покрытия, мм.

Приравнивая правые части уравнений 8 и 19 находим величину максимального натяга, который можно получить без разрушения полимерного покрытия:

$$N_{\text{max}} = 0,29 \frac{\delta_s}{hE} * (d+h)^2 * \ln\left(\frac{r+h}{r}\right), \quad (20)$$

Таким образом, максимальную прочность и долговечность неподвижного соединения, при восстановлении посадки подшипников качения, восстановленных эластомером-герметик бф, можно обеспечить при условии

$$N_{\text{э}} \leq N_{\text{max}}, \quad (21)$$

1. Для обеспечения неподвижности соединения необходимо соблюдение следующего условия.

2. Долговечность неподвижных соединений типа вал-подшипник качения, восстановленных эластомерами, зависит от толщины покрытия.

3. Максимальная прочность и долговечность соединения обеспечивается при величине натяга, равном $N_{\text{э}}$ (формула 18), величина которого не должна превышать N_{max} , то есть должно обеспечиваться условие $N_{\text{э}} \leq N_{\text{max}}$.

Библиографический список

1. Перель, Л.Я. Подшипники качения: Справочник / Л.Я. Перель. - М.: Машиностроение, 2008. – 543 с.

2. Восстановление неподвижных соединений транспортной техники. Аналитический обзор Жамбылского филиала АО «НЦНТИ» РК, Тараз, ЖФ АО «НЦНТИ» РК, 2008, – 16 с.