

Секция 4.
ГОРНЫЕ И СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ МАШИНЫ
И ОБОРУДОВАНИЕ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ
В ПОСТМАЙНИНГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЯХ

УДК 621.822

ПРИМЕНЕНИЕ ПОДШИПНИКОВ СУХОГО ТРЕНИЯ

С.В. Герасименко, О.В. Любимов, М.Е. Луценко

КузГТУ

Подшипниковые узлы электродвигателей, работающих в горном и горнодобывающем оборудовании, не обеспечивают расчетного ресурса вследствие их отказа. При этом применение пластичных смазок на нефтяной основе в подшипниках качения с защитными шайбами типа 60000 (160000) или 80000 (180000) не обеспечивает значительного увеличения ресурса подшипниковых узлов электродвигателей. Отказы по подшипниковым узлам приводят к простоям электродвигателей, снижению их эксплуатационных параметров и большим затратам при их использовании в горных машинах и комплексах.

Повышение ресурса подшипниковых узлов агрегатов машин, работающих в тяжелых условиях, в настоящее время достигается применением в них подшипников качения сухого трения, например, с антифрикционным наполнителем (АФЗ) на графитовой основе [1, 2].

Опыт применения подшипников с АФЗ на предприятиях Кузбасса и Восточного Казахстана показал, что они стабильно работают в неблагоприятных условиях при частоте вращения до 300 мин⁻¹. Основным недостатком данных подшипников является их ограниченная быстроходность, что резко сужает область их применения (в то время как электродвигатели имеют частоту вращения от 750 до 3000 мин⁻¹), а применение обычных подшипников с АФЗ (типа АСЗ) нецелесообразно вследствие разрушения наполнителя и интенсивного износа деталей подшипника.

Снижение разрушения наполнителя может быть достигнуто уменьшением его хрупкости путем изменения физико-механических свойств антифрикционного материала.

В процессе работы предложен оригинальный антифрикционный материал на основе графита с упрочняющими добавками в составе: олово, медь, свинец, кокс, сажа, смесь битумов, резиновая крошка, индекумароновая смола, мягчитель, полиизобутилен и связующее в определенном процентном соотношении.

Частицы антифрикционного материала на основе графита с упрочняющими добавками имеют трехслойное строение (рис. 1): графит - добавки - графит. Связи графит - графит менее прочны, чем связи графит - добавки и в этих сечениях проходят плоскости спайности, характеризующие-

ся наименьшим сцеплением атомов. При относительном смещении элементов подшипника отдельные слои частиц проскальзывают друг по другу по плоскостям спайности, происходит хрупкий разрыв связей графит - графит. Этим объясняется механизм смазочного действия твердой смазки.

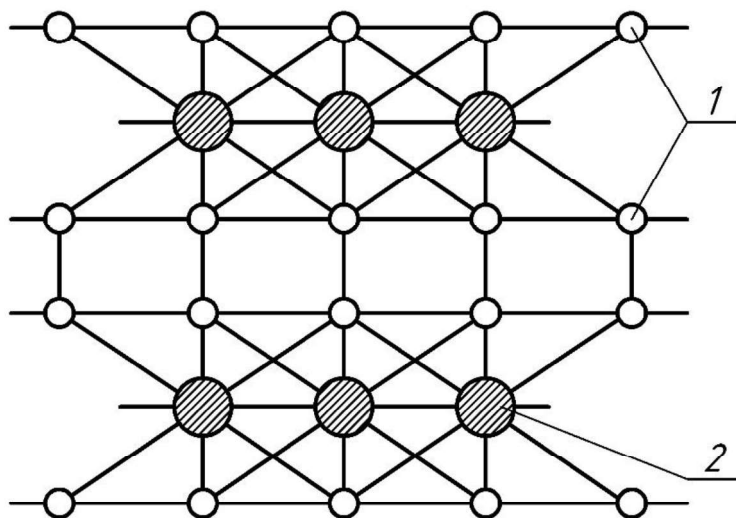


Рис.1. Строение антифрикционного материала на основе графита с упрочняющими добавками: 1- графит, 2 – упрочняющие добавки

Таким образом, при сохранении самосмазывающей способности хрупкость материала снижается, что позволяет увеличить стойкость заполнения к динамическим нагрузкам.

Долговечность электродвигателей с твердосмазочными подшипниками испытанных в вентиляторах местного проветривания на шахтах Кузбасса повысилась в среднем в 1,5 раза.

Одним из путей повышения долговечности подшипников с АФЗ является усовершенствование конструкции его заполнителя.

В КузГТУ была разработана конструкция подшипника с АФЗ, в которой заполнитель выполнен в виде кольцевых секторов (рис. 2).

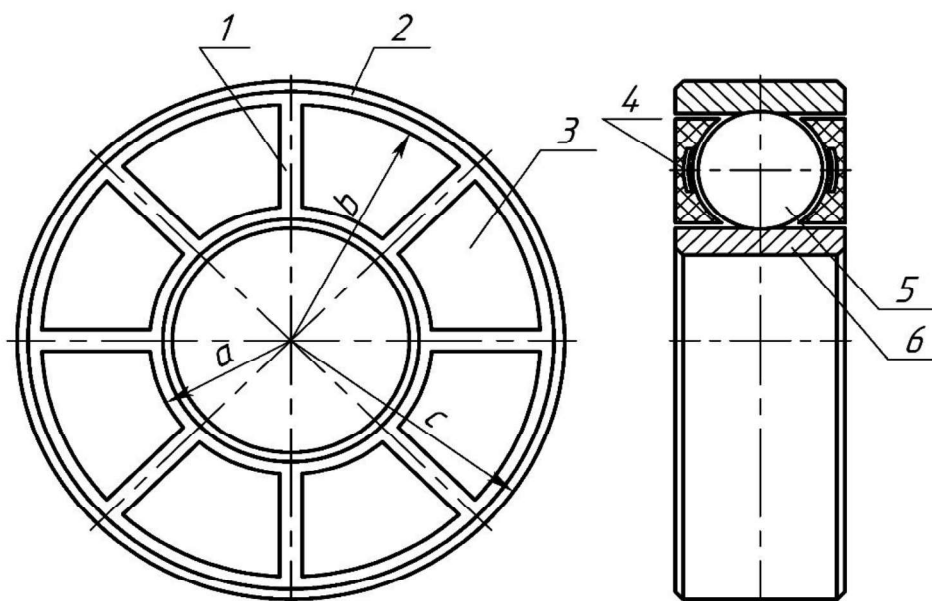


Рис. 2 Подшипник с АФЗ с усовершенствованным наполнителем

Подшипник состоит из внутреннего кольца 6, наружного кольца 2, расположенных между ними тел качения 5, составного сепаратора из арматуры 4 и наполнителя 3. Заполнитель выполнен из кольцевых секторов 1.

Необходимость разработки вызвана расширением области применения подшипников с АФЗ до частоты вращения 3000 мин⁻¹.

Технология изготовления подшипников с АФЗ связана с термической обработкой подшипника для отверждения в нем наполнителя. Вследствие разных свойств материала наполнителя и подшипниковой стали, кольца подшипника оказывают давление на графитовый наполнитель, которое определяется по формуле:

$$p = \frac{(\alpha_c - \alpha_\Gamma)(t_2 - t_1)}{\frac{1}{E_c} \left(\frac{c^2 + b^2}{c^2 - b^2} + \mu_c \right) + \frac{1}{E_\Gamma} \left(\frac{a^2 + b^2}{b^2 - a^2} + \mu_\Gamma \right)}$$

α_c и α_Γ – коэффициенты линейного расширения стали и графита, мм/град; μ_c и μ_Γ – коэффициенты Пуассона для стали и графита; t_1 – температура окружающей среды, град; t_2 – температура нагрева подшипника, град; E_c и E_Γ – модули упругости стали и графита, МПа; a , b и c – геометрические параметры колец подшипника и наполнителя (рис. 2), мм.

Касательные напряжения в объеме наполнителя могут быть рассчитаны по следующей зависимости:

$$\tau_{\max} = p \cdot \frac{2b^2}{b^2 - a^2}$$

Эти напряжения служат причиной разрушения заполнителя при эксплуатации подшипника, что особенно характерно при частоте вращения более 300 мин^{-1} .

Уменьшение напряжений в заполнителе, разделенном на сектора, достигается наличием в нем радиальных надрезов и, как следствие, свободной деформацией секторов в окружном направлении.

Касательные напряжения при этом определены как:

$$\tau_{\max}^* = \frac{1}{2} E_r (\alpha_c - \alpha_r) (t_2 - t_1)$$

Отношение напряжений ($\tau_{\max} / \tau_{\max}^*$), например, для подшипника 310 дает 2,6. Таким образом, разделение графитового заполнителя на секторе приводит к уменьшению напряжений в 2,6 раза.

Выполнение заполнителя в виде кольцевых секторов уменьшает жесткость составного сепаратора подшипника с АФЗ. Это приводит к уменьшению сил надавливания и уменьшает износ заполнителя в гнездах сепаратора при работе подшипника при частоте вращения более 300 мин^{-1} .

Описанная конструкция подшипника была испытана в электродвигателях оборудования обогатительной фабрики полиметаллического комбината (республика Татарстан) и Новокемеровской ТЭЦ при частоте вращения 1430 мин. Ресурс подшипниковых узлов электродвигателей повышен в 1,2 ... 1,8 раза.

Список литературы

1. Расширение области применения радиальных подшипников с АФЗ в опорных узлах горных машин / Л.Е. Маметьев, В.П. Котурга, О.В. Любимов. – Инновации в машиностроении: Труды 2-ой Международной научно-практической конференции (6-8 октября 2011 г., Россия, Кемерово) – Кемерово, 2011. – С. 102-106.
2. Любимов, О.В. Повышение ресурса подшипниковых опор шнекового става машин горизонтального бурения. – Автореферат ... к.т.н. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2021. – 18 с.