

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ В ПОДШИПНИКАХ СКОЛЬЖЕНИЯ С ТОНКОСЛОЙНЫМИ ПОЛИАМИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

Е. В. ЗАБОРСКИЙ

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Санкт-Петербург, Россия
E-mail: zaborский-49@mail.ru*

Экспериментально исследованы контактные напряжения в тонкослойных металлополимерных подшипниках скольжения. Предложена методика оценки напряжений с использованием емкостных датчиков, на основе лавсановой пленки с двусторонним металлизированным покрытием. Оценены радиальные контактные напряжения и характер их распределения в тонкослойных полиамидных подшипниках скольжения с различными монтажными зазорами и толщинами покрытий. Результаты экспериментов показали, что максимальные контактные напряжения в большой степени зависят от конструктивных размеров подшипников скольжения: величины зазора и толщины покрытия.

Ключевые слова: контактные напряжения, емкостной датчик, металлическая подложка, лавсановая пленка, тонкослойное полиамидное покрытие

Полиамидные подшипники скольжения, изготовленные путем нанесения полиамидных композиций на предварительно нагретое металлическое основание (подложку), обладают целым рядом эксплуатационных преимуществ по сравнению с традиционными подшипниками скольжения, которые изготавливаются с применением дорогостоящих цветных металлов, в том числе бронзы.

Одним из основных достоинств тонкослойных полимерных подшипников, помимо относительной дешевизны, является возможность корректировки эксплуатационных свойств этих покрытий. Так, например, введение мелкодисперсной (до 40 мкм) порошковой меди в состав металлополимерной композиции в значительной степени улучшает отвод генерируемого тепла из зоны контакта.

Практическое внедрение таких подшипников в производство сопряжено с необходимостью исследования напряженного состояния полимерного слоя, находящегося в адгезионном контакте с металлическим основанием. Постановка подобной задачи осложняется тем, что применение „традиционных“ датчиков практически невозможно ввиду малой толщины полимерного покрытия. Отсутствие такой возможности подтверждает анализ ряда литературных источников, посвященных исследованию работоспособности подшипников с полимерными покрытиями [1—5].

В настоящей работе для экспериментальной оценки контактных напряжений в тонкослойных полиамидных подшипниках скольжения предлагается методика, основанная на применении емкостных, „пленочных“ датчиков. Датчики изготавливались из лавсановой пленки толщиной 12 мкм с двусторонней металлизацией поверхности. Емкость таких датчиков может быть определена по формуле „плоского конденсатора“:

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi\delta},$$

где $\epsilon=3,15$ — диэлектрическая проницаемость слоя диэлектрика, разделяющего обкладки конденсатора; S — площадь обкладок конденсатора ($3 \cdot 40=120 \text{ мм}^2=1,2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$); $\delta=12 \text{ мкм}$ — толщина слоя диэлектрика.

При воздействии на пленку сжимающего усилия ее толщина уменьшается, что приводит к изменению емкости пропорционально приложенной нагрузке.

Для оценки напряженного состояния полиамидного покрытия (толщиной 0,3—0,75 мм), нанесенного на внутреннюю поверхность металлического основания диаметром 70 мм, использовались датчики в виде узких полосок (3 мм шириной и 60 мм длиной) металлизированной лавсановой пленки. Их предварительная тарировка проводилась на плоских образцах, один из которых имел полиамидное покрытие, аналогичное исследуемому. Для защиты металлизированных поверхностей от шероховатостей вала исследуемого узла датчик помещали между двумя защитными лавсановыми пленками без покрытия.

Из схемы подключения датчика на рис. 1 (1 — металлическое основание подшипника (втулка); 2 — антифрикционное полиамидное покрытие; 3 — полимерная пленка без покрытия; 4 — металлизированная лавсановая пленка; 5 — металлическая деталь узла (вал)) следует, что в измеряемой цепи параллельно подключены две емкости. Одна из них образована металлизированной лавсановой пленкой (датчиком). Диэлектрический слой второй емкости образован защитной лавсановой пленкой и антифрикционным полиамидным покрытием, толщина которого во много раз больше толщины металлизированной пленки, и вследствие этого наличие второй емкости практически не влияет на показания датчика.

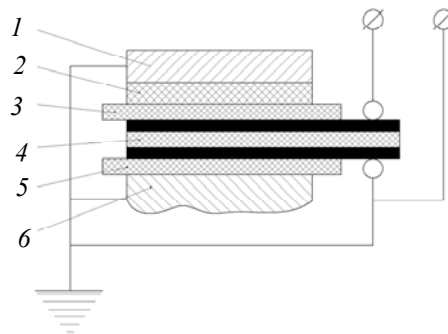


Рис. 1

Для измерения емкости датчика использовался мост переменного тока типа Е12-1. Из представленной на рис. 2 тарировочной кривой (1 — при нагрузке узла, 2 — при разгрузке) видно, что емкость датчика, соответствующая одному и тому же контактному напряжению, при нагружении и разгрузке экспериментального узла различается, что объясняется анизотропными свойствами пленки. Это обстоятельство необходимо учитывать при использовании таких датчиков, снимать их показания следует только при монотонном увеличении или уменьшении нагрузки.

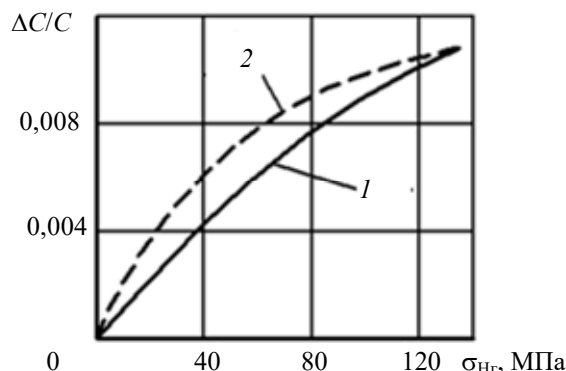


Рис. 2

Шероховатость поверхностей, между которыми закладывается емкостной датчик, должна быть не менее 1,25—0,63 R_a , в противном случае неровности могут сказываться на показаниях датчика. В определенной степени их отрицательное влияние снижают лавсановые пленки.

При нагружении подшипника датчик внедряется в полиамидное покрытие, так как их модули упругой деформации имеют одинаковый порядок. Но благодаря малой толщине датчика напряженное состояние антифрикционного покрытия практически остается неизменным.

В соответствии с разработанной методикой оценены радиальные контактные напряжения $\sigma_{нr}$ и характер их распределения в тонкослойных полиамидных подшипниках скольжения с различными монтажными зазорами и толщинами покрытий. Нагружение опытного узла проводилось на прессе Р-5.

Результаты экспериментов, представленные на рис. 3 (1 — вал; 2 — металлическая подложка; 3 — полиамидное покрытие; e — диаметральный зазор, мм; t — толщина покрытия, мм; максимальное контактное давление 120 МПа), показывают, что максимальные контактные напряжения в большой степени зависят от конструктивных размеров подшипников скольжения: величины зазора и толщины покрытия.

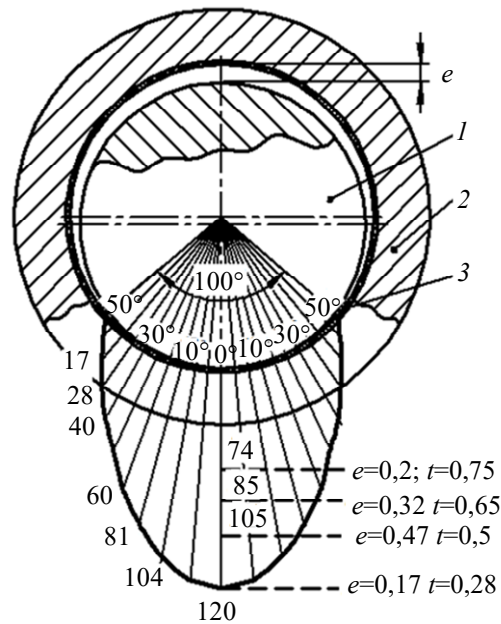


Рис. 3

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Необердин Ю. А. Исследование контактных напряжений для прямых и обращенных пластмассовых подшипников скольжения: автореф. дис. ...канд. техн. наук. Л., 1973. 14 с.
2. Герасимов А. И. Разработка методов и средств определения износостойкости полимерных антифрикционных материалов: дис. ...канд. техн. наук. Якутск, 2005 126 с.
3. Иванов С. А. Прогнозирование работоспособности узлов трения с полиамидными покрытиями: автореф. дис. ...канд. техн. наук. СПб, 2011.
4. [Электронный ресурс]: <<https://rucont.ru/efd/490397>>.
5. Куценко А. В. Повышение долговечности и ремонтпригодности узлов машин с помощью полимерных материалов: автореф. дис. ...канд. техн. наук. СПб, 2016.

Сведения об авторе

Евгений Васильевич Заборский

— Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа машиностроения; канд. техн. наук, доцент;
E-mail: zaborskiy-49@mail.ru

Поступила в редакцию
03.02.2020 г.

Ссылка для цитирования: Заборский Е. В. Экспериментальная оценка контактных напряжений в подшипниках скольжения с тонкослойными полиамидными покрытиями // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 4. С. 382—385.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF CONTACT STRESSES IN SLIDING BEARINGS WITH THIN-LAYER POLYAMIDE COATINGS

E. V. Zaborsky

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
195251, St. Petersburg, Russia
E-mail: zaborskiy-49@mail.ru

Contact stresses in thin-layer metal-polymer sliding bearings are investigated experimentally. A method for evaluating stresses using capacitive sensors based on Dacron film with a double-sided metallized coating is proposed. Radial contact stresses and their distribution in thin-layer polyamide plain bearings with different mounting gaps and coating thicknesses are estimated. The experimental results shows that the maximum contact stresses depend to a large extent on the structural dimensions of the sliding bearings: the gap size and the coating thickness.

Keywords: contact voltage capacitive sensor, a metal substrate, a Dacron film, a thin layer of polyamide coating

REFERENCES

1. Neoberdin Yu.A. *Issledovaniye kontaknykh napryazheniy dlya pryamykh i obrashchennykh plastmassovykh podshipnikov skol'zheniya* (Contact Stress Research for Direct and Inverted Plastic Plain Bearings), Extended abstract of candidate's thesis, Leningrad, 1973, 14 p. (in Russ.)
2. Gerasimov A.I. *Razrabotka metodov i sredstv opredeleniya iznosostoykosti polimernykh antifriktsionnykh materialov* (Development of Methods and Means for Determining the Wear Resistance of Polymer Antifricition Materials), Candidate's thesis, Yakutsk, 2005, 126 p. (in Russ.)
3. Ivan'kov S.A. *Prognozirovaniye rabotosposobnosti uzlov treniya s poliamidnymi pokrytiyami* (Prediction of the Performance of Friction Units with Polyamide Coatings), Extended abstract of candidate's thesis, St. Petersburg, 2011. (in Russ.)
4. <https://rucont.ru/efd/490397>. (in Russ.)
5. Kushchenko A.V. *Povysheniye dolgovechnosti i remontoprigradnosti uzlov mashin s pomoshch'yu polimernykh materialov* (Improving the Durability and Maintainability of Machine Components Using Polymer Materials), Extended abstract of candidate's thesis, St. Petersburg, 2016. (in Russ.)

Data on author

Evgeny V. Zaborsky — PhD, Associate Professor; St. Petersburg Polytechnic University, Higher School of Engineering; E-mail: zaborskiy-49@mail.ru

For citation: Zaborsky E. V. Experimental evaluation of contact stresses in sliding bearings with thin-layer polyamide coatings. *Journal of Instrument Engineering*. 2020. Vol. 63, N 4. P. 382—385 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-4-382-385