

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОПЕРАЦИИ НА ОСНОВЕ ЦИКЛИЧЕСКИ УПРУГОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ КОЛЕЦ

А.С. ЯКОВИШИН¹, А.В. КОРОЛЕВ¹, А.Ф. БАЛАЕВ¹

¹ Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.

E-mail: yakovishinas@gmail.com

Долговечность является одним из важнейших эксплуатационных показателей качества изделий из конструкционных материалов. Особенно актуальной является задача обеспечения требуемой долговечности конструкционных материалов в условиях многоциклового нагружения. В работе [1] отмечается, что до 94% причин отказов машин и конструкций приходится на возникновение и развитие трещин. Причем основная доля трещин, ведущих к отказу техники, приходится на усталостные повреждения и трещины в деталях и узлах, находящихся под действием многоцикловых, вибрационных нагрузок. Так, среди отказов авиационных двигателей до 60% приходится на механические причины, из которых 80% связаны с накоплением усталостных повреждений и развитием усталостных трещин под действием вибрации [1].

Подшипники качения являются изделиями, широко используемыми в различных видах техники, которые подвержены многоцикловому нагружению в ходе эксплуатации. Поэтому к обеспечению требуемой долговечности подшипников предъявляются особенно высокие требования. Возникновению и развитию трещин в кольцах подшипников, а соответственно сокращению их срока службы, способствуют остаточные напряжения, возникшие на технологических операциях сопровождаемых изменением их напряженно-деформированного состояния, вследствие сообщаемой им тепловой или механической энергии. Остаточные напряжения концентрируются по границам зерен материала, что приводит к возникновению микротрещин [2]. Последующее циклическое нагружение колец подшипников, осуществляемое в ходе их эксплуатации, ведет к накоплению внутренней энергии и росту микротрещин.

Для снижения остаточных напряжений в кольцах подшипников, перед завершающими технологический процесс операциями, их подвергают операции отпуска, традиционно осуществляемой путем нагрева и медленного охлаждения. Термические методы стабилизации, обладая низкой производительностью и относительно высоким энергопотреблением, не позволяют полностью снимать остаточные напряжения. Поэтому под руководством А.В. Королева была разработана технология снятия остаточных напряжений колец подшипников путем многоциклового бесцентровой обкатки [3]. Данная технология заключается в непрерывной обкатке кольца между тремя вращающимися валками под действием внешней нагрузки, обеспечивающей упругую деформацию кольца в зонах контакта с валками. Многократное обкатывание кольца, обеспечивающее циклически-упругую деформацию, ведет к контролируемому накоплению внутренней энергии в дефектных участках материала и постепенной релаксации остаточных напряжений.

Для оценки эффективности данной технологии авторами совместно с подшипниковым предприятием ОАО «ЕПК Самара» были выполнены экспериментальные исследования. В качестве объекта было отобрано 45 наружных колец подшипников 7000806 (ГОСТ 8338-75). Кольца были пронумерованы и разделены на пять партий по 9 колец в каждой:

- 1) первая партия колец использовалась в качестве контрольной, и не подвергалась обработке;
- 2) вторая партия колец подвергалась отпуску в печи при температуре $t=200^{\circ}\text{C}$ в течение 2,5 ч. с охлаждением на открытом воздухе;
- 3) третья партия колец подвергалась бесцентровой обкатке (БО-1) при режимах: частота вращения кольца - $n=240$ об/мин, время обработки - $T=5$ мин, технологическая деформация колец - $\Delta=0,016$ мм;

Секция 1. Проблемы прочности, пластичности и усталостной долговечности современных конструкционных материалов

4) четвертая партия колец подвергалась бесцентровой обкатке (БО-2) при режимах: частота вращения кольца - $n=240$ об/мин, время обработки - $T=3$ мин, технологическая деформация колец - $\Delta=0,030$ мм;

5) пятая партия колец подвергалась бесцентровой обкатке (БО-3) при режимах: частота вращения кольца - $n=350$ об/мин, время обработки - $T=3$ мин, технологическая деформация колец - $\Delta=0,016$ мм.

Для определения величины остаточных напряжений каждое кольцо подвергалось разрезке в диаметральной плоскости. Величина остаточных напряжений вычислялась по величине деформации кольца после разрезки, которая определялась как разница диаметра кольца в плоскости, перпендикулярной плоскости разреза, до и после разрезки. По результатам измерения каждой партии колец осуществлялся расчет математического ожидания (МО) величины деформации и остаточных напряжений колец и ее среднеквадратического отклонения (СКО), представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Остаточные напряжения колец

Вид обработки	Остаточные напряжения, МПа	
	МО, МПа	СКО, МПа
Без обработки (1-я партия)	39,157	1,786
Отпуск (2-я партия)	-13,894	2,363
БО-1 (3-я партия)	-0,632	1,787
БО-2 (4-я партия)	5,684	2,68
БО-3 (5-я партия)	-8,842	1,786

В результате статистической обработки полученных значений остаточных напряжений колец было установлено, что после термической обработки среднее значение остаточных напряжений уменьшается в 2,8 раза, в то время как после бесцентровой обкатки наименьшее среднее значение остаточных напряжений, полученное при 2-м режиме обработки, уменьшается в 6,9 раза. Что свидетельствует о многократном снижении остаточных напряжений после бесцентровой обкатки по сравнению с результатами, полученными термической обработкой.

На основе полученных экспериментальных результатов можно заключить, что предлагаемая технология стабилизации на основе циклического упругого деформирования колец путем обкатки обладает преимуществом перед технологией термического отпуска, позволяя добиться многократного снижения остаточной деформации, что способствует повышению долговечности подшипников.

Список литературы

1. Болотин В.В. Прогнозирование и нормирование ресурса машин // Сборка в машиностроении, приборостроении. – 2009. – № 7. – С. 3–10.
2. Колбасников Н.Г., Кондратьев С.Ю. Структура. Энтропия. Фазовые превращения и свойства металлов / СПб.: Наука, 2006. 362с.
3. Королев А.В., Балаев А.Ф., Яковишин А.С. Технология снятия остаточных напряжений при многоциклового обкатке колец подшипников // Научные технологии в машиностроении. – 2017. – № 1. – С. 22–26.