

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМА РАЗРУШЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ПОДШИПНИКОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

© 2019

А. А. Мельников кандидат технических наук, доцент кафедры технологии металлов и авиационного материаловедения; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва; melnikov.alex@yandex.ru

М. О. Дмитриева студент; Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва; happiness_peace@rambler.ru

Представлены результаты исследования механизма разрушения рабочей поверхности крупногабаритных роликовых подшипников из стали 20X2H4A, применяемых для грузовой техники. Исследование микроструктуры осуществлялось с помощью металлографического микроскопа «МЕТАМ ЛВ-31». На электронном растровом микроскопе TESCAN «Vega SB» исследовалась поверхность образцов роликов и колец подшипника на наличие дефектов различного характера. Замеры микротвёрдости осуществлялись на микротвердомере «ПМТ-3». Исследования показали, что микроструктура стали представляет собой мелкоугольчатый мартенсит отпуска с выделением светлых включений карбидов хрома вблизи рабочей поверхности образцов. На основании результатов замера микротвёрдости определена глубина зоны цементации, значение которой превышает норму, установленную заводом-изготовителем. Механизм разрушения ролика характеризуется выкрашиванием поверхности вследствие повышенной твёрдости с последующим её расслаиванием и образованием кратеров. Разрушение поверхности кольца подшипника начинается с появления задиrow и вмятин, образовавшихся в результате шаржирования её металлическими частицами, попавшими в область контакта кольца с роликом в процессе эксплуатации. Такие дефекты приводят к развитию микротрещин и, как следствие, дальнейшему выкрашиванию и отслаиванию рабочей поверхности. Предотвращение вышеупомянутых дефектов возможно путём уменьшения глубины зоны цементации, а также снижения максимальной твёрдости поверхности за счёт изменения режима окончательной термообработки деталей подшипника.

Крупногабаритные подшипники; механизм разрушения; цементуемая сталь; термообработка; цементация; микроструктура.

Цитирование: Мельников А.А., Дмитриева М.О. Исследование механизма разрушения рабочей поверхности крупногабаритных подшипников в процессе эксплуатации // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2019. Т. 18, № 1. С. 184-191. DOI: 10.18287/2541-7533-2019-18-1-184-191

Введение

Неотъемлемой частью тяжело нагруженной грузовой техники являются крупногабаритные подшипники. Неисправность подобных деталей ведёт к преждевременному выходу из строя транспортного оборудования и, как следствие, экономическим потерям. Исследование механизма разрушения рабочей поверхности крупногабаритных подшипников в процессе эксплуатации позволит снизить риск отказа и повысить надёжность работы техники.

Долговечность поверхности тяжело нагруженных деталей определяется рядом технологических факторов, к которым относится качество используемой стали, правильность выполнения механической, термической и химико-термической обработки. Нарушение технологии проведения упрочняющих операций приводит к образованию дефектов на поверхности деталей крупногабаритного подшипника в

процессе его эксплуатации. Наиболее часто встречаются такие неисправности, как абразивный износ, контактное выкрашивание рабочей поверхности, усталостное разрушение, коррозия.

Методика, материал и результаты исследования

Были исследованы образцы крупногабаритных роликовых подшипников типа 6-10079/900 АХМ разной степени износа, изготовленных на предприятии ООО «Средневожский Подшипниковый завод» (рис. 1).

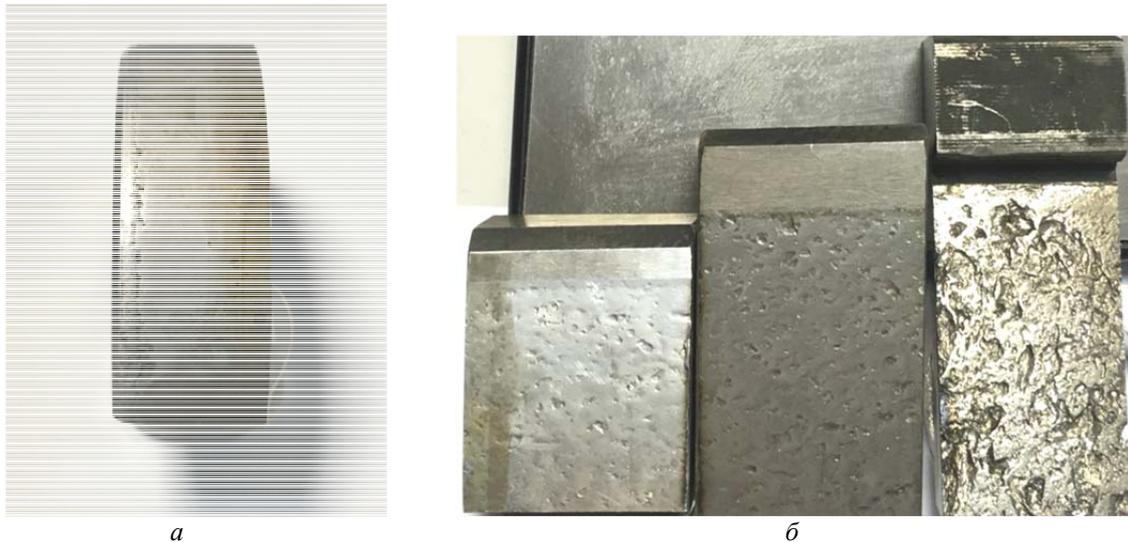


Рис. 1. Образцы ролика (а) и колец (б) крупногабаритного подшипника типа 6-10079/900 АХМ

С целью выявления механизма разрушения роликовых подшипников были проведены металлографические и электронно-микроскопические исследования с использованием микроскопов «МЕТАМ ЛВ-31» и TESCAN «Vega SB». Определение микротвёрдости осуществлялось с помощью микротвердомера «ПМТ-3». Подготовка поверхности изготовленных заводом опытных образцов производилась на автоматическом шлифовально-полировальном станке REMET «LS250А».

Из-за нестандартных размеров деталей в процессе производства крупногабаритных подшипников используется конструкционная цементуемая сталь 20Х2Н4А, химический состав которой приведён в табл. 1.

Таблица 1. Химический состав в % в соответствии с ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0.16-0.22	0.17-0.37	0.30-0.60	3.25-3.65	<0.025	<0.025	1.25-1.65	<0.30	93

Типовой режим термообработки деталей подшипника, установленный заводом-изготовителем, включает в себя газовую цементацию при температуре 940°C, науглероживающей средой является природный газ. Продолжительность цементации колец в среднем занимает 100-110 часов, цементация роликов – 55-65 часов. После цементации детали подвергаются закалке при температуре 800-810°C с охлаждением в масле и отпуску при температуре 150-170°C продолжительностью 20-24 часа. После

отпуска предусмотрено охлаждение на воздухе. В результате глубина цементации составляет 2,5-3,0 мм с твёрдостью рабочей поверхности 58-63 HRC.

Металлографический анализ показал, что структура образцов ролика и кольца подшипника после заключительной термообработки представляет собой мелкоигольчатый мартенсит отпуска (рис. 2), что характерно для закаленных сталей. Вблизи рабочей поверхности образца ролика наблюдаются светлые включения карбидов хрома (рис. 3).

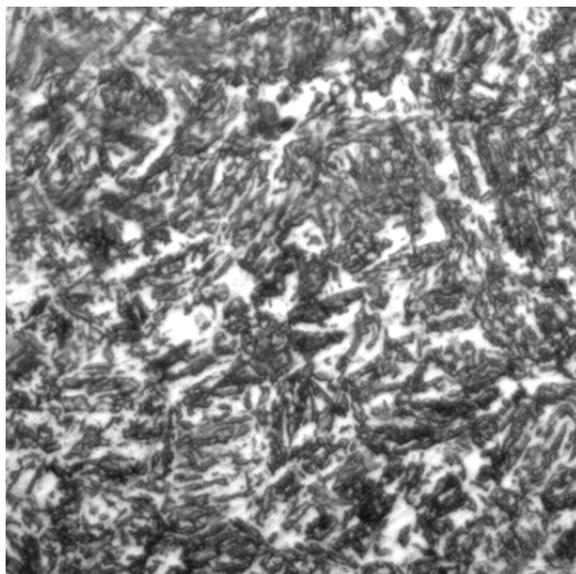


Рис. 2. Микроструктура образца ролика в центре ×500

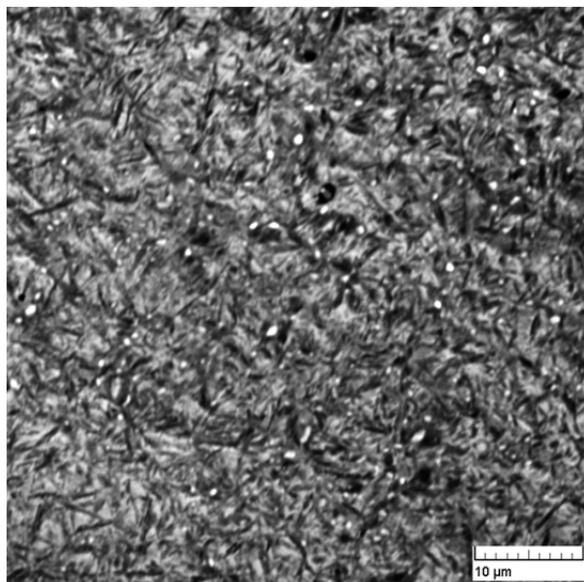


Рис. 3. Микроструктура образца ролика вблизи рабочей поверхности

Электронно-микроскопическое исследование рабочей поверхности образцов ролика показало, что механизм разрушения представляет собой процесс выкрашивания, характеризующийся расслаиванием и дальнейшим образованием глубоких трещин

(рис. 4). Образование очагов разрушения начинается вблизи торцевой поверхности с последующим развитием к середине ролика (рис. 5).

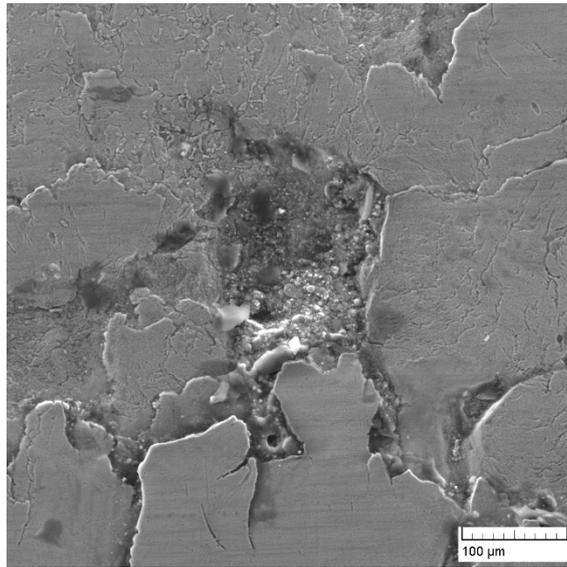


Рис. 4. Разрушение рабочей поверхности ролика, характеризующееся расслаиванием с образованием глубоких трещин

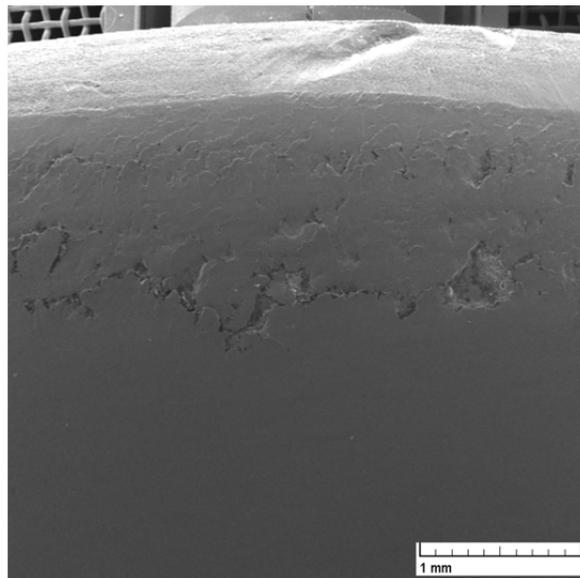


Рис. 5. Образование очагов разрушения вблизи торцевой поверхности ролика

Причиной выявленного дефекта является повышенная хрупкость рабочей поверхности, вызванная перенасыщением цементованного слоя углеродом, которое обуславливает образование в слое избыточных карбидных фаз, а также завышенная толщина слоя. Исследования показали, что глубина зоны цементации составляет 3,5 мм, при норме – 2,5 мм, требуемой заводом-изготовителем. Это подтверждается результатами замера микротвёрдости по методу Виккерса (рис. 6).

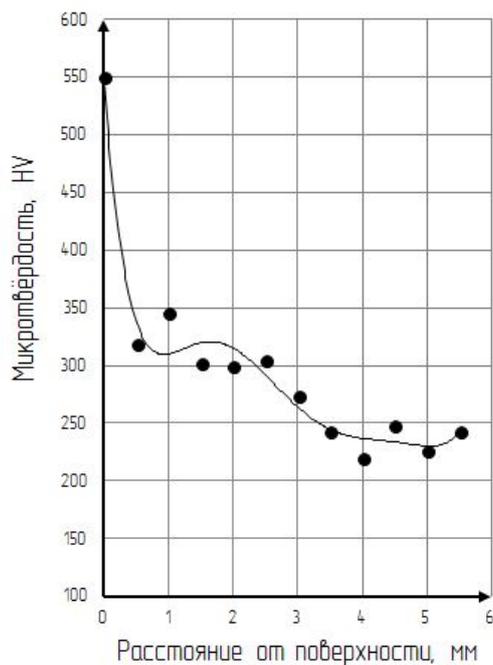


Рис. 6. Диаграмма изменения микротвёрдости ролика от поверхности к центру.
Нулевая точка соответствует значению микротвёрдости рабочей поверхности ролика

Анализ поверхности кольца подшипника показал на наличие задиров (рис. 7) и вмятин различного диаметра (рис. 8). Причиной образования задиров являются структурные изменения рабочей поверхности кольца из-за шаржирования её металлическими частицами, попавшими в область контакта кольца с роликом в процессе эксплуатации [1;2].

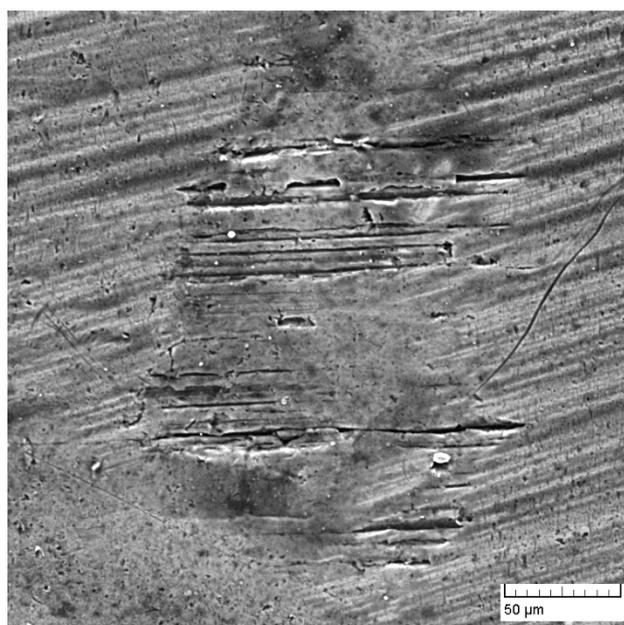


Рис. 7. Задир на рабочей поверхности кольца подшипника

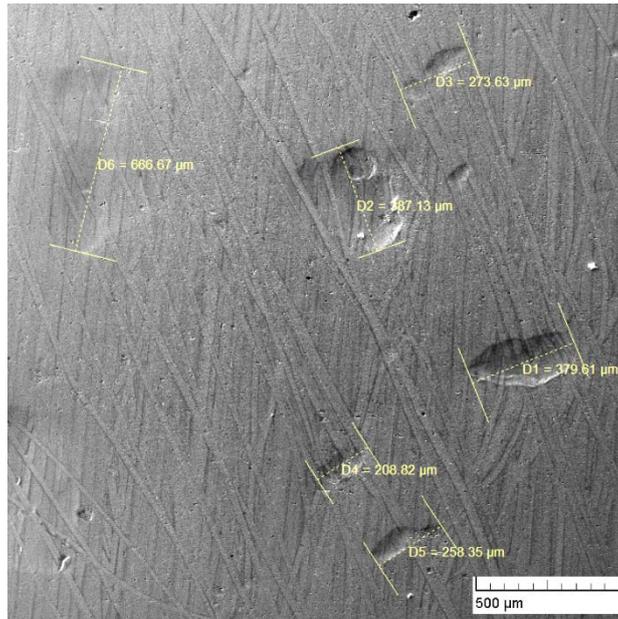


Рис. 8. Вмятины на рабочей поверхности кольца подшипника

Образование вмятин происходит в результате вдавливания продуктов разрушения в рабочую поверхность кольца роликом, так как её твёрдость заметно меньше (рис. 9). Это может быть связано с выгоранием углерода и, как следствие, уменьшением количества карбидной фазы на поверхности кольца в процессе длительной выдержки при термообработке после цементации [3].

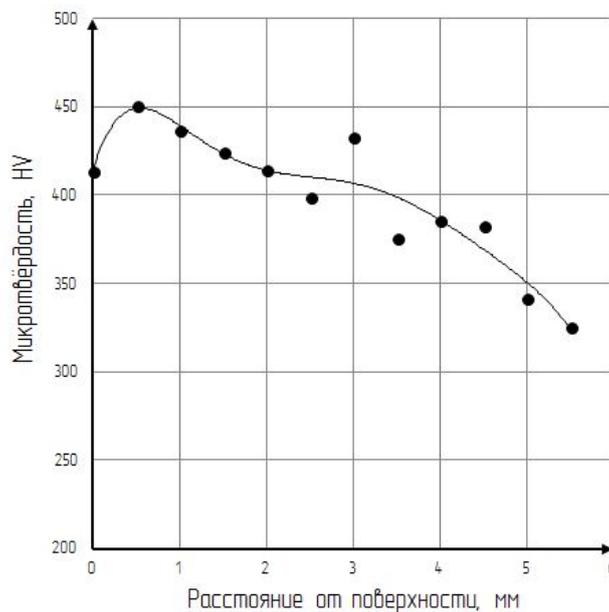


Рис. 9. Диаграмма изменения микротвёрдости кольца от поверхности к центру.
Нулевая точка соответствует значению микротвёрдости рабочей поверхности кольца

Заключение

Исследования показали, что механизмы разрушения поверхности ролика и кольца различны. На ролике наблюдается выкрашивание поверхности с последующим её расслаиванием и образованием кратеров вследствие повышенной твёрдости. Твёрдость поверхности кольца меньше, поэтому её разрушение начинается с появления задиров и вмятин, приводящих к развитию микротрещин, которые становятся причиной дальнейшего выкрашивания рабочей поверхности.

Предотвращение вышеупомянутых дефектов возможно путём уменьшения глубины зоны цементации, а также снижения максимальной твёрдости поверхности за счёт изменения режима окончательной термообработки деталей подшипника.

Библиографический список

1. Мордасов Д.М., Фатеев Ю.Г., Зотов С.В. Исследование причин преждевременного разрушения подшипников буксового узла // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2015. Т. 21, № 4. С. 686-695. DOI: 10.17277/vestnik.2015.04.pp.686-695
2. Deng S., Hua L., Han X., Huang S. Analysis of surface crack growth under rolling contact fatigue in a linear contact // Tribology Transactions. 2015. V. 58, Iss. 3. P. 432-443. DOI: 10.1080/10402004.2014.983250
3. Huang Z., Li G. Failure analysis of roller cone bit bearing based on mechanics and microstructure // Journal of Failure Analysis and Prevention. 2018. V. 18, Iss. 2. P. 342-349. DOI: 10.1007/s11668-018-0419-3

MECHANISM OF FAILURE OF WORKING FACES OF BIG BEARINGS IN THE PROCESS OF OPERATION

© 2019

A. A. Melnikov Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Metal Technology and Aviation Materials Science; Samara National Research University, Samara, Russian Federation; melnikov.alex@yandex.ru

M. O. Dmitrieva Undergraduate Student; Samara National Research University, Samara, Russian Federation; happiness_peace@rambler.ru

The article presents the results of analyzing the mechanism of failure of working faces of big roller bearings made of 0,2C2Cr4Ni (E3316 AISI) structural steel. The microstructure was investigated with the help of a METAM LV-31 metallographic microscope. The surface of the bearing rings and rollers was tested for various kinds of defects using a TESCAN Vega SB scanning microscope. The PMT-3 micro-hardness tester was used to measure micro-hardness. Studies show that the microstructure of steel is a fine-needled tempered martensite with chromium carbide inclusions observed near the surface. The depth of the cementation zone was determined on the basis of the measurement results. The value of the depth exceeds the standard established by the manufacturer. The destruction of the bearing roller assembly is characterized by spalling, stratification and cratering. The destruction of the bearing ring is characterized by scouring and indentation caused by metal particles caught up in the ring-roller contact in the process of operation. These defects result in the formation of micro-cracks and, as a result, further spalling and peeling. It is possible to prevent the defects by reducing the depth of the carbonization zone, as well as reducing the surface maximum hardness by changing the mode of final heat treatment.

Big bearing; failure mechanism; carbonization; structural steel; heat treatment; microstructure.

Citation: Melnikov A.A., Dmitrieva M.O. Mechanism of failure of working faces of big bearings in the process of operation. *Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*. 2019. V. 18, no. 1. P. 184-191. DOI: 10.18287/2541-7533-2019-18-1-184-191

References

1. Mordasov D.M., Fateev Yu.G., Zotov S.V. A study of the causes of premature failure of axle-box unit bearings. *Vestnik Tambovskogo Gosudarstvennogo Tehnicheskogo Universiteta*. 2015. V. 21, no. 4. P. 686-695. DOI: 10.17277/vestnik.2015.04.pp.686-695. (In Russ.)
2. Deng S., Hua L., Han X., Huang S. Analysis of surface crack growth under rolling contact fatigue in a linear contact. *Tribology Transactions*. 2015. V. 58, Iss. 3. P. 432-443. DOI: 10.1080/10402004.2014.983250
3. Huang Z., Li G. Failure analysis of roller cone bit bearing based on mechanics and microstructure. *Journal of Failure Analysis and Prevention*. 2018. V. 18, Iss. 2. P. 342-349. DOI: 10.1007/s11668-018-0419-3