

УДК (UDC) 655.3

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФЕКТОВ ОПОРНЫХ РОЛИКОВ ЛИСТОПЕРЕДАЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ

INVESTIGATION OF DEFECTS IN THE SUPPORT ROLLERS OF THE SHEET-TRANSMITTING SYSTEM OF THE PRINTING MACHINE

Серкова Л.Б., Варепо Л.Г.
Serkova L.B., Varepo L.G.Омский государственный технический университет (Омск, Россия)
Omsk State Technical University (Omsk, Russian Federation)

Аннотация. Печатная машина является сложной технической системой, которая включает в себя большое количество вращающихся частей (валов, шестерней и др.), в том числе подшипников и опорных роликов. Появление дефектов в подшипниковых узлах может привести к серьезным последствиям, таким как отказ оборудования и заклинивание валов, что приведет к остановке производства или появлению брака печатной продукции. Целью работы являлось изучение дефектов опорного ролика вала захватов, который отвечает за передачу листа внутри печатной секции. В статье рассмотрены дефекты наружного кольца опорного ролика. С помощью контрольно-измерительной машины изучены изменения, возникающие в его геометрии. Исследования были проведены на новом ролике, а также на роликах, вышедших из работы, выявлены изменения, возникающие во время эксплуатации. При десятикратном увеличении были изучены дефекты, возникающие на поверхности кольца во время эксплуатации, такие как абразивный износ, следы усталостного изнашивания и др. На возникновение многих дефектов оказывает влияние использование смазочных материалов. Предложены способы улучшения поверхностного слоя наружного кольца.

Ключевые слова: полиграфия, офсетная печать, листопередающая система, печатная машина, опорный ролик, наружное кольцо.

Дата получения статьи: 12.02.2024
Дата принятия к публикации: 15.03.2024
Дата публикации: 25.03.2024

Сведения об авторах:

Серкова Любовь Борисовна – старший преподаватель кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология», ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»,
e-mail: lubashka_2010@mail.ru.

Варепо Лариса Григорьевна – доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Нефтегазовое дело, стандартизация и метрология», ФГАОУ ВО «Омский государственный технический университет»,
e-mail: lgvarepo@omgtu.ru.

ORCID: 0000-0001-5366-2700

Abstract. A printing press is a complex technical system that includes a large number of rotating parts (shafts, gears, etc.), including bearings and support rollers. The appearance of defects in bearing assemblies can lead to serious consequences, such as equipment failure and jamming of shafts, which will lead to a halt in production or the appearance of defective printed products. The purpose of the work was to study defects in the support roller of the gripper shaft, which is responsible for transferring the sheet inside the printing section. The defects of the outer ring of the support roller are considered in the article. With the help of a control and measuring machine, the changes that occur in its geometry are studied. The research was carried out on the new roller, as well as on the rollers that came out of operation, the changes that occur during operation were revealed. Also, with a tenfold increase, defects that occur on the surface of the ring that appeared during operation, such as abrasive wear, traces of fatigue, were studied

Keywords: printing, offset printing, sheet metal transfer system, printing machine, support roller, outer ring.

Date of manuscript reception: 12.02.2024
Date of acceptance for publication: 15.03.2024
Date of publication: 25.03.2024

Authors' information:

Lyubov B. Serkova – Senior Lecturer at the Department of Oil and Gas Engineering, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University,
e-mail: lubashka_2010@mail.ru.

Larisa G. Varepo – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Oil and Gas Engineering, Standardization and Metrology, Omsk State Technical University,
e-mail: lgvarepo@omgtu.ru.

ORCID: 0000-0001-5366-2700

1. Введение

Обеспечение конкурентоспособности выпускаемой продукции является важнейшей задачей прибыльного производства, что в свою очередь обеспечивается выпуском качественных изделий. Качество печатной продукции обеспечивается различными составляющими, начиная от качества используемых материалов до настройки оборудования. Так, например, важную роль играет точная работа листопередающей системы печатной машины, т.к. передача листа между секциями печатной машины осуществляется на высоких скоростях до 15000 оттисков/ч. При неточной работе системы происходит смещение листа в системе, что приводит к несовмещению красок при многокрасочной печати и, соответственно, появлению брака.

Современные печатные машины имеют в своем составе большое количество вращающихся валов, работу которых в свою очередь невозможно представить без подшипниковых узлов [1-2]. Подшипники в общем виде можно представить как сборную единицу, которая является частью опоры любого вала и создает подвижную ось. Жесткость подшипникового узла зависит от количества и положения тел, что в свою очередь влияет на возникновение вибраций в узле, а если в подшипнике имеются дефекты, то уровень вибраций увеличивается. На данный момент накоплен большой опыт по конструированию, использованию и диагностике подшипников качения, однако, рост внедрения высокоточных подшипниковых узлов в машинах большой производительности приводит к увеличению требований к надежности [3] и разработке новых методов диагностики для предотвращения внештатных ситуаций в работе агрегата.

2. Постановка задачи

Для того, чтобы не допускать выхода из строя оборудования необходимо обеспечить его надежность. В известной литературе [4, 5] к показателям надежности относят следующие показатели: безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняе-

мость. Важной задачей для надежной работы машины является своевременное проведение диагностических работ [6], которые позволяют повысить эффективность использования оборудования, а также разработка новых конструкций, которые позволяют снизить вероятность выхода детали из строя. Изучение данных о возникающих отказах и неисправностях оборудования позволяет провести оценку технического состояния и фактическую надежность оборудования [7].

Если говорить о полиграфическом производстве, то в первую очередь подшипники рассматриваются с точки зрения опор валов, таких как офсетный, печатный и др. Современные печатные машины [8] работают на больших скоростях, скорость печати может достигать 15000 оттисков/ч, поэтому производители стремятся улучшить качество машин путем установки более высокоточных подшипниковых узлов (рис. 1), установка и обслуживание которых производится сервисной службой. В машины среднего класса могут быть установлены подшипники, которые можно заменить стандартными.

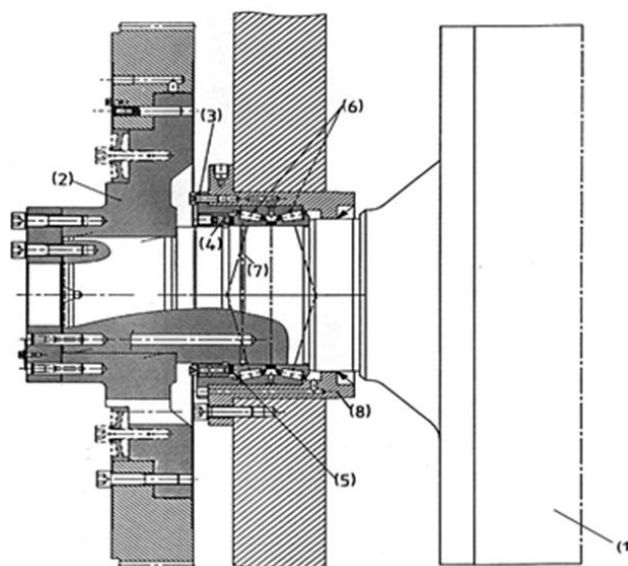


Рис. 1. Конструкция опоры печатного цилиндра офсетной печатной машины Роланд 700 с коническими подшипниками:

- 1 - печатный цилиндр, 2 - фланец,
- 3 - резьбовой фланец, 4 - кольцо,
- 5 - кольцевая шайба, 6 - подшипник,
- 7 - цапфа печатного цилиндра, 8 - буква

В большинстве работ внимание уделяется именно этим подшипникам. Однако в листо-передающей системе также используются подшипники, а именно опорные ролики, от точности работы данного узла во многом зависит качество выпускаемой продукции [9, 10]. Офсетная печать один из самых распространенных видов массовой печати, работа данного типа машин может осуществляться продолжительное время без остановки, соответственно детали всех узлов испытывают большие нагрузки при высоких скоростях вращения, поэтому актуальным является вопрос о долговечности деталей данного узла. Помимо подшипниковых узлов, в которых закреплены валы листопередающей системы, важным является опорный подшипниковый ролик (рис. 2), работа которого контролирует открытие и закрытие системы захватов в момент передачи листа, а так же его фиксацию на цилиндре, при его повороте.

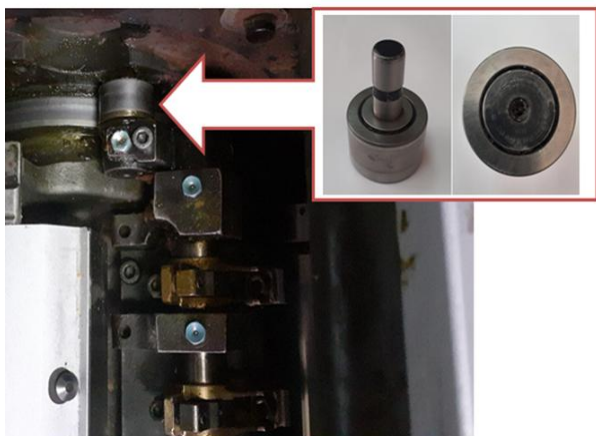


Рис. 2. Опорный ролик

Передача листа в секциях печатной машины должна осуществляться с высокой точностью. В настоящее время известны различные способы передачи листа, как за переднюю кромку листа, так и за заднюю, однако первый способ является наиболее распространенным. Удержание листа на цилиндре осуществляется с помощью специальной системы захватов, которые равномерно прижимают лист к опорной поверхности. Вспомогательное оборудование расположено внутри тела цилиндра. Опорные ролики удерживают вал захватов и фиксируют его положение. Сам же опорный ролик соверша-

ет вращательное движение по опорной поверхности, что видно на рис. 2, которая имеет кулачок. При подъеме опорного ролика на кулачок система захватов поднимается и происходит прием или передача листа на цилиндр, при прохождении кулачка система захватов опускается. Нарушение работы опорного ролика может привести к заклиниванию системы захватов и возникновению погрешностей передачи листа, таких как неравномерный захват листа (перекос) или разрыв запечатываемого полотна.

Опорные ролики листопередающей системы испытывают постоянные неравномерные нагрузки, это связано с тем, что его движение совершается по цилиндрической поверхности, имеющей кулачок, именно поэтому данная деталь чаще других выходит из строя и подлежит замене. В ранее выполненной работе приведены результаты изучения дефектов, возникающих на поверхности наружного кольца [11]. Разбитые внутренние части ролика вызывают появление осевого смещения. Так же вызывают отклонение формы наружного кольца ролика.

Целью данной работы являлся анализ отклонения формы наружного кольца опорного ролика в ходе эксплуатации.

3. Теория

Для более точного изучения формы наружного кольца (рис. 3) была применена контрольно-измерительная машина Mitutoyo с числовым программным управлением. Измерительная машина является одной из самых точных на рынке подобных, обеспечивая надежность измерений с высокой точностью и удобство работы.

Согласно нормативным документам [12], существуют отклонения профиля продольного сечения в виде образования конусообразности, бочкообразности или седлообразности. Однако данный стандарт не является основополагающим на территории страны и является межгосударственным. В качестве действующего стандарта принят [13], который предполагает лишь определение цилиндричности детали.

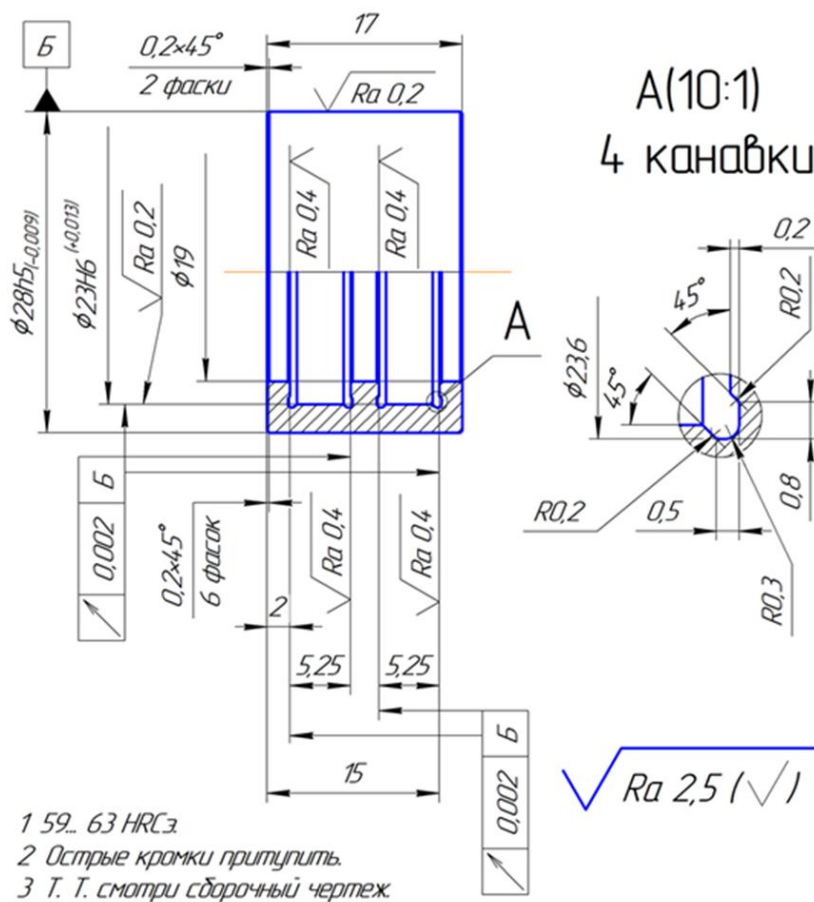


Рис. 3. Наружное кольцо опорного ролика

Для исследования было выбрано 10 деталей, которые были списаны в виду появления смещений при эксплуатации, так же была взята новая деталь в качестве эталона.

Предполагается, что в процессе эксплуатации поверхность наружного кольца ролика появляется отклонение от формы. Тогда отклонение от формы можно определить следующим образом

$$\Delta = 0,5(d_{\max} - d_{\min}), \quad (1)$$

где d_{\max} – диаметр середины продольного сечения; d_{\min} – диаметр у торца детали.

4. Результаты экспериментов

Параметры новой детали представлены на рис. 4 и 5.

Из рисунков видно, что при номинальном размере 28,000 мм опорный ролик имеет незначительные отклонения от размера, максимальное значение составляет 0,008 мм, что говорит о высокой точности изготовления данной модели роликов.



Рис.4. Отчёт

Далее были исследованы отклонения от формы для деталей, которые были сняты с печатной машины ввиду непригодности. Основная причина их снятия, это увеличение перемещения цапфы относительно самого подшипника, что даёт дополнительные колебания в системе, а, соответственно, и дополнительные смещения системы захватов, что

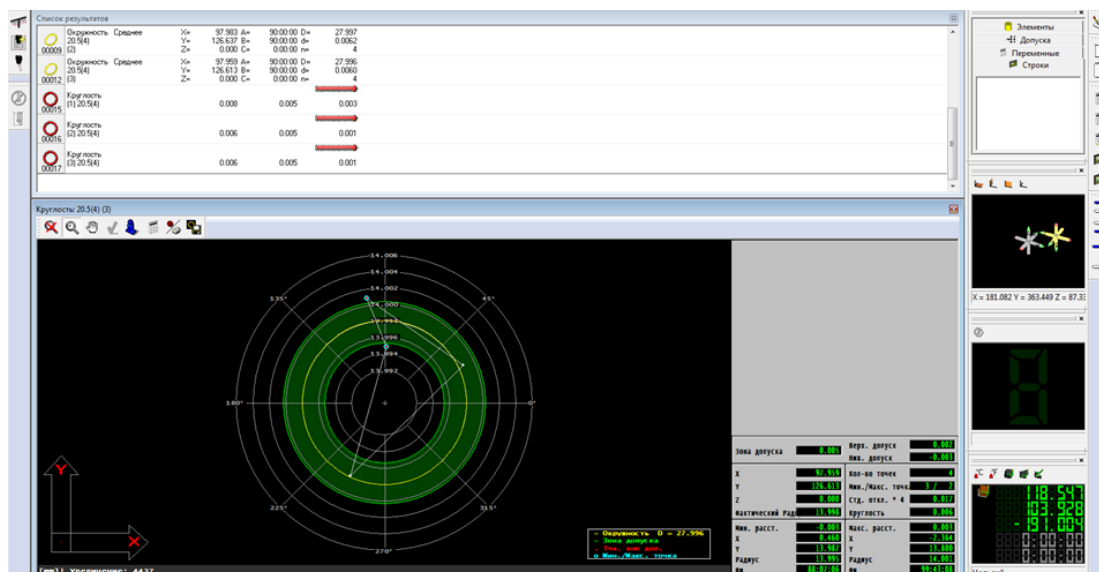


Рис. 5. Параметры нового опорного ролика

приводит к неправильному или неравномерному захвату и как следствие браку в производстве. В табл. 1 представлены максималь-

ные отклонения деталей от номинального размера. На рис. 6 представлен визуализация форм и размеров отработанной детали.

Таблица 1

Отклонения размеров

№ детали	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Диаметр, мм	27,987	27,985	27,979	27,987	27,961	27,986	27,986	27,983	27,987	27,973
Отклонение, мм	0,013	0,015	0,021	0,013	0,039	0,014	0,014	0,017	0,013	0,027

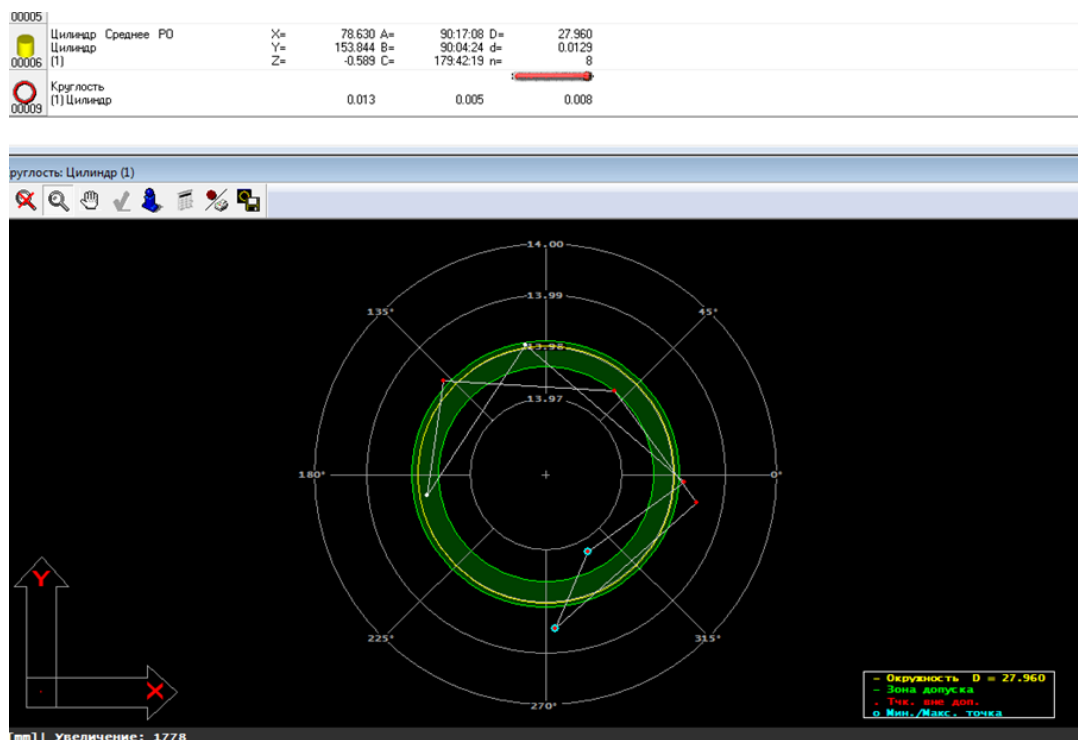


Рис. 6. Ролик №1

При десятикратном увеличении была изучена поверхность наружного кольца опорного ролика. Был выявлен ряд дефектов, возникающих в процессе эксплуатации.

Рассмотрим некоторые из них:

1. Размазывание следов вращения (рис. 7).

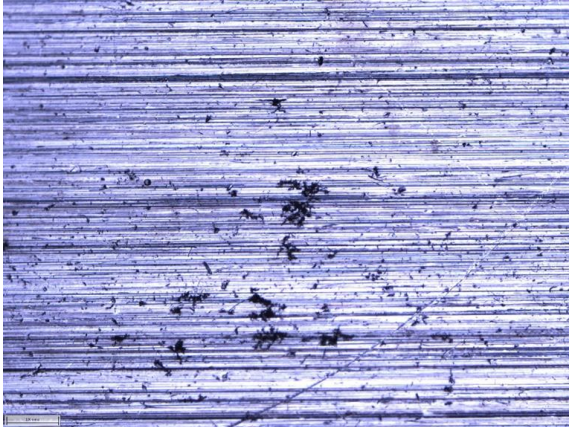


Рис.7. Размазывание следов вращения

Возникновение дефектов данного типа может быть связано с тем, что поверхность наружного кольца недостаточно смазывается в процессе эксплуатации или смазка имеет не высокое качество при том, что машина работает на высоких скоростях вращения.

2. Следы молекулярно-механического изнашивания (рис. 8).

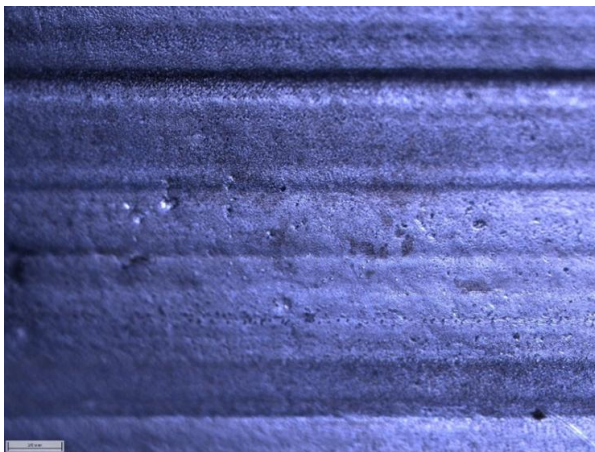


Рис.8. Следы молекулярно-механического изнашивания

Появление дефектов данного типа можно связать с тем, что при работе на высоких скоростях вращения также наблюдается недостаточное смазывание рабочих поверхно-

стей и испарение смазочного материала что приводит к разрыву связующей масляной пленки и повышению трения между деталями. Такое изнашивание наблюдается при молекулярном сцеплении материалов трущихся поверхностей сопряженных деталей, а так же в процессе приработки механизма.

3. Следы усталостного изнашивания (рис. 9).

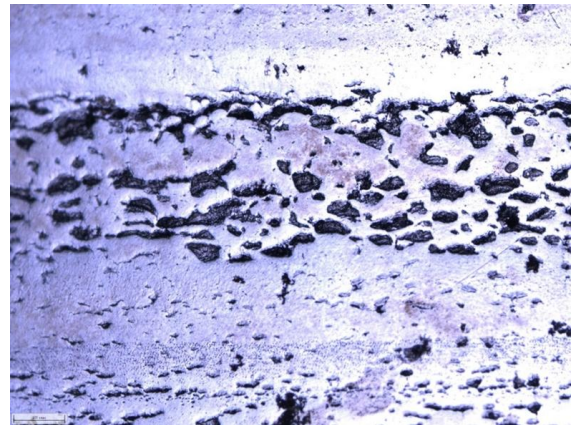


Рис. 9. Следы усталостного изнашивания

Данный тип изнашивания является наиболее глубоким. Возникновение следов усталостного изнашивания может быть связано с тем, что опорный ролик листопередающей системы испытывает динамические переменные нагрузки, так как в процессе своей работы совершает вращательное движение по поверхности, имеющей кулачок. При на скакивании на него происходит открытие системы захватов, а при спускании с него – закрытие. Данный дефект возникает при повторном деформировании поверхностного слоя детали. Также как и другие возникающие дефекты он может быть связан с качеством смазочных материалов.

4. Следы абразивного износа (рис. 10).

Следы абразивного износа так же являются следствием механического воздействия. В ходе работы механизма между деталями (в данном случае, опорного ролика и опорной поверхности) могут попадать различные загрязнения, такие как пыль, металлическая стружка и др. Попадая в зону контакта, абразивные частицы могут оставлять царапины и вмятины на поверхности детали.

Рассмотрим причины возникновения и способы устранения найденных дефектов.

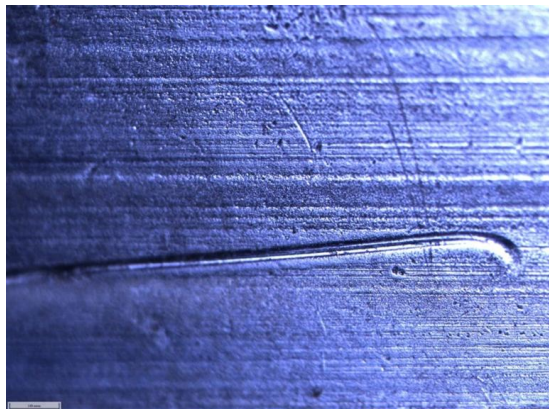


Рис.10. Следы абразивного износа

Во-первых, на возникновение многих дефектов оказывает влияние использование смазочных материалов [14-15]. Детали должны быть достаточно смазаны, а также смазочные материалы должны быть надлежащего качества.

Во-вторых, необходим контроль качества изготовления опорных роликов, в частности рабочих поверхностей.

В-третьих, возможно применение методов улучшения (упрочнения) поверхностного слоя наружного кольца опорного ролика с помощью центробежно-шариковой обработки, накатывания поверхности, методов лазерного, электронно-лучевого, плазменного и детонационного упрочнения, вакуумного ионно-плазменного упрочнения, ионного магнетронного распыления, упрочнение

ультразвуком, дробеструйной обработки, гидродробеструйной обработки и других методов.

5. Выводы

В соответствии с характеристиками опорного ролика диаметр его наружного кольца составляет 28 мм. Измеренный диаметр новой детали с помощью ручного инструмента составил 27.975 мм. Измерения с помощью КИМ показали, что минимальные отклонения роликов составляют 0,013 мм, максимальные 0,039 мм, что говорит о том, что относительно новой детали имеет место отклонение, появляющееся в процессе эксплуатации. Данный износ может быть связан с тем, что ролик не всей поверхностью наружного кольца опирается на опорную поверхность, что видно из рисунка 2. Появление данного дефекта вызывает дополнительные колебания в листопередающей системе, что вызывает отклонение и, как правило, приводит к несовмещению красок, а соответственно и браку продукции. Своевременный контроль и замена данных деталей позволит минимизировать материальные затраты в случае появления брака, а также снизить временные затраты на устранение полученных дефектов.

Список литературы

1. Пинегин С.В. Опоры качения в машинах. Москва: Издательство АН СССР, 1961. 150 с.
2. Карпукхин И.М. Посадки приборных и шпиндельных шарикоподшипников. Справочник. Москва: Машиностроение, 1978. 246 с.
3. Быков А.В. Разработка методики диагностирования подшипников качения печатной пары: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.13. Москва, 2002. 212 с.
4. ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения. Введен 03.01.2017. Москва: Стандартинформ, 2016.
5. Randall R.B., Antoni J. Rolling element

References

1. Pinegin S. V. *Opori kacheniya v mashinakh*. Moscow, Izdatelstvo AN SSSR, 1961. 150 p. (In Russian)
2. Karpukhin I.M. *Posadki pribornykh i shpindelnykh sharikopodshipnikov*. *Spravochnik*. Moscow, Mashinostroenie, 1978. 246 p. (In Russian)
3. Bykov A.V. Development of a methodology for diagnosing rolling bearings of a printed pair. Diss. Cand. Sci. (Engineering). Moscow. 2002. 212 p. (In Russian)
4. GOST 27.002-2015 *Nadezhnost v tekhnike (SSNT). Terminy i opredeleniya*. Moscow, Standartinform, 2016. (In Russian)
5. Randall R.B., Antoni J. Rolling element bearing diagnostics. *Mechanical Systems and*

bearing diagnostics // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2011. Vol.25. № 2/ P. 485-520.

6. Xiao W. Support evidence statistics for operation reliability assessment using running state information and its application to rolling bearing // *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2015. Vol. 60. P. 344-357.

7. Баженов Ю.В. Основы теории надежности машин. Владимир: изд-во Владим. гос. ун-та, 2006. 160 с.

8. Куликов Г.Б. Диагностика механических систем привода полиграфических машин с использованием искусственных нейронных сетей: дисс. ... доктора техн. наук: 05.02.13 / Куликов Григорий Борисович. Москва, 2008. 385 с.

9. Morfliuk V.F., Karpenko I.S. Research models of the processes stabilization the parameters of process register the colors in sheet transfer system // *Технологія і техніка друкарства*. 2014. No. 1(43). P. 30-36.

10. Морфлюк В.Ф., Карпенко И.С., Чуркин В.В. Метод цифрового определения параметров моделирования совмещения красок в листопередающей системе печатных машин // *Труды БГТУ*. 2016. №9. С. 22-28.

11. Серкова Л.Б., Варепо Л.Г., Серков А.С. Исследование износа опорных роликов в печатных машинах // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. 2019. №12. С.298-302.

12. ГОСТ 24642-81 Допуски формы и расположения поверхностей. Основные термины и определения. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2002. 45 с.

13. ГОСТ 24643-81 Допуски формы и расположения поверхностей. Числовые значения. Москва: ИПК Издательство стандартов, 2004. 10с.

14. Вахрушев С.И., Цыпленков Р.Г., Дмитриев С.Э. Исследование влияния смазочных материалов на износ узлов трения подшипников качения // *Наука и военная безопасность*. 2017. №1. С. 78-81.

15. Евстифеев, В.В., Мельник С.В., Голощапов Г.А. Исследование влияния эксплуатационных свойств пластичных смазочных материалов на износ узлов трения строительных машин с подшипниками ка-

Signal Processing, 2011, No.25, pp.485-520.

6. Xiao W. Support evidence statistics for operation reliability assessment using running state information and its application to rolling bearing. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 2015, No. 60, pp. 344-357.

7. Bazhenov Yu.V. *Osnovy teorii nadezhnosti mashin*. Vladimir, VGU, 2006. 160 p. (In Russian)

8. Kulikov G.B. *Diagnostika mekhanicheskikh sistem privoda poligraficheskikh mashin s ispolzovaniem iskusstvennykh neironnykh setey*. Diss. Doc. Sci. (Eng.). Moscow, 2008. 385 p. (In Russian)

9. Morfliuk V.F. Research models of the processes stabilization the parameters of process register the colors in sheet transfer system. *Technologiya i tehnika drugarstvo*, 2014, No. 1(43), pp. 30-36.

10. Morflyuk V.F. A method for digitally determining the parameters of modeling the combination of paints in a sheet-transmitting system of printing machines. *Trudy BGTU*, 2016, No. 9, pp. 22-28. (In Russian)

11. Serkova L.B. Issledovanie iznosa opornykh rolikov v pechatnykh mashinakh. *Izvestiya Tulsogo gosudarstvennogo universiteta. Tehnicheskie nauki*, 2019, No.12, pp. 298-302. (In Russian)

12. GOST 24642-81 *Dopuski formy i raspolozheniya poverhnostei. Osnovnye terminy i opredeleniya*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 2002. 45 p. (In Russian)

13. GOST 24643-81 *Dopuski formy i raspolzheniya poverkhnostey. Chislovye znacheniya*. Moscow, IPK Izdatelstvo standartov, 2004. 10 p. (In Russian)

14. Vakhrushev S.I., Tsyplenkov R.G., Dmitriev S.E. Issledovanie vliyaniya smazochnykh materialov na iznos uzlov treniya podshipnikov kacheniya. *Nauka i voennaya bezopasnost*, 2017, No1, pp. 78-81. (In Russian)

15. Evstifeev V.V. Issledovanie vliyaniya ekspluatatsionnykh svoystv plastichnykh smazochnykh materialov na iznos uzlov treniya stroitelnykh mashin s podshipnikami kacheniya. In: *Oriented fundamental and applied research - the basis for modernization and innovative development of architectural,*

