

ПОВЫШЕНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ КОЛЕЦ ПОДШИПНИКОВ МАГНИТНО-АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКОЙ ИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

*Леонид Михайлович Акулович¹, доктор технических наук,
профессор, e-mail: leo-akulovich@yandex.ru;*

*Леонид Ефимович Сергеев¹, кандидат технических наук,
доцент кафедры; Виктория Васильевна Шабуня¹, ассистент кафедры;
Сергей Константинович Дубновицкий², магистр технических наук,
аспирант кафедры, директор;*

*Евгений Геннадьевич Германович¹, магистрант кафедры
¹Белорусский государственный аграрный технический университет,*

*²Филиал учреждения образования
«Брестский государственный технический университет»
Пинский индустриально-педагогический колледж*

***Реферат.** Защита от коррозии является одной из важнейших проблем, имеющей большое значение для сельского хозяйства. В сельскохозяйственной технике широко применяются подшипники качения, которые работают в агрессивных средах. Повышение коррозионной стойкости поверхности подшипников возможно за счет формирования «благоприятного» микропрофиля поверхности с низкой шероховатостью и минимальным количеством микровпадин. Получение такого микропрофиля возможно при использовании способов финишной обработки фасонных поверхностей деталей. Перспективным финишным методом обработки поверхности является магнитно-абразивная обработка, которое наряду с высокой производительностью имеет ряд существенных преимуществ перед традиционными методами. (Цель исследования) Исследование коррозионной стойкости деталей из легированных сталей после финишной магнитно-абразивной обработки. (Материалы и методы) В качестве экспериментального образца выбраны кольца подшипника 108 ГОСТ8338-75. В качестве оборудования для МАО использовался станок СФТ 2.150.00.00.000, ферроабразивный порошок – на основе боридов железа, зернистость $D=100/160$ мкм. Методика проведения эксперимента включала ускоренные испытания при периодическом или полном погружении в 20%-ый водный раствор NaCl при температуре 20°C. Полученные данные по показателям коррозионной стойкости сравнивались с аналогичными параметрами при суперфинишировании. (Результаты и обсуждение) Сравнили интенсивность развития коррозии образцов в зависимости от времени проведения эксперимента. Установили, что после 228 часов испытаний наименьшую площадь коррозии имеют образцы после финишной МАО. Сравнили параметры поверхностного слоя кольца подшипника. Определили, что структура поверхности после МАО имеет случайный характер по площади и по амплитуде. (Выводы) Использование способа магнитно-абразивной обработки внутреннего кольца подшипника значительно повышает его коррозионную стойкость.*

***Ключевые слова:** кольца подшипников, магнитно-абразивная обработка, коррозионная стойкость, шероховатость.*

INCREASE OF CORROSIVE RESISTANCE OF RACE RINGS WITH THE USE OF MAGNETIC-ABRASIVE MACHINING OF THEIR SURFACES

*Leonid M. Akulovich¹, Leonid E. Sergeev¹,
Victoria V. Shabunya¹, Sergey K. Dubnovitsky²,
Evgeny G. Germanovich¹,*

¹Belarusian State Agrarian Technical University,

*²A branch of Belarusian State Agrarian Technical University
"Pinsk State Industrial and Pedagogical College"*

Abstract. Protection against corrosion is one of the major problems which is of great importance for agriculture. The rolling bearings working in hostile environment are widely used in agricultural machinery. It is possible to increase the corrosive resistance of a bearing surface due to the formation of a "favourable" microprofile of a surface with a low roughness and the minimum quantity of microhollows. Using the ways of finishing processing of detail profile surface it is possible to receive such a microprofile. Magnetic abrasive machining is a perspective finishing method of surface processing having a number of essential advantages in comparison with traditional methods. (Research objective) The research of resistance to corrosive attack of the alloyed steel details after finishing magnetic abrasive machining. (Materials and methods) Race rings 108 GOST8338-75 were chosen as experimental samples. As the equipment for magnetic abrasive machining the SFT machine 2.150.00.00.000 and ferroabrasive powder on the basis of iron borid, granularity $\Delta=100/160$ micron were used. The technique of carrying out an experiment comprised the accelerated tests at periodic or full immersion in 20% aqueous NaCl solution at a temperature 20°C. The obtained data on indicators of corrosion resistance were compared to similar parameters when superfinishing. (Results and discussion) The intensity of corrosion development of the samples depending on experimental time was compared. It was established that after a 228 hours test, the samples being after magnetic abrasive machining have the smallest area of corrosion. The parameters of the race ring surface layer were compared. It was defined that the structure of the surface after magnetic abrasive machining has an accidental nature on the area and on amplitude. (Conclusions) The use of the magnetic abrasive machining of an inner race of a bearing increases its corrosive resistance considerably.

Keywords: race rings, magnetic and abrasive machining, corrosive resistance, roughness.

Введение. В сельскохозяйственной технике широко применяются подшипники качения, которые работают в агрессивных средах. К их несущей способности и надёжности предъявляются высокие требования [1]. Одной из основных причин выхода из строя подшипников является коррозия. Коррозия подшипника проявляется в виде пятен от красного до черного цвета, что приводит к отслоению материала. Она может быть химической, под действием окисленного масла, агрессивных продуктов, проникших из-за дефектов уплотнения, или электрохимической с образованием ржавчины от проникновения воды или чрезмерной конденсации.

Эксплуатационная надёжность подшипников качения зависит главным образом от показателей качества поверхности, которая формируется на фи-

нишних операциях обработки поверхностей колец подшипников. Классические способы финишной обработки поверхностей колец подшипников шлифование, суперфиниширование [2,3]. Однако влияние ряда факторов, сопровождающих данные виды обработки (теплофизические, силовые, динамические, износ абразивного инструмента и др.) приводит к снижению точности обработки дорожек качения, а также вызывает изменение физико-механических свойств их поверхностного слоя, в частности, за счет появления неоднородности структуры и твердости [4]. Указанные дефекты существенно снижают качество колец и, соответственно, подшипников. Одним из перспективных способов финишной обработки фасонных поверхностей деталей являются способы, основанные на использовании эластичной связки или незакрепленного абразива, к которой и относится магнитно-абразивная обработка (МАО). Этот способ прост в осуществлении, экологически чист, обеспечивает высокое качество обработанных поверхностей деталей и существенное повышение их сопротивляемости износу, коррозии и механическим нагрузкам, обладает высокой производительностью и успешно заменяет процессы химической и электрохимической обработки (МАО) [5,6].

Цель исследования – провести экспериментальную проверку метода повышения коррозионной стойкости деталей из легированных сталей путем формирования микропрофиля их поверхностей финишной магнитно-абразивной обработкой.

Материалы и методы. Были проведены экспериментальные исследования МАО поверхности внутреннего кольца подшипника 108 ГОСТ8338-75. Полученные данные по показателям коррозионной стойкости сравнивались с аналогичными параметрами при суперфинишировании [3].

В качестве оборудования для МАО использовался станок СФТ 2.150.00.00.000. Параметры и режимы МАО: магнитная индукция $B=1$ Тл; скорость резания $V_p=2,5$ м/с; скорость осцилляции $V_0=0,2$ м/с; амплитуда осцилляции $A=1$ мм; коэффициент заполнения зазора $k_3=1$; величина рабочего зазора $\delta=1$ мм; время обработки $t=60$ с. Ферроабразивный порошок (ФАП) – на основе боридов железа, зернистость ФАП, $\Delta=100/160$ мкм. Морфология порошка показана на рисунке 1. Смазочно-охлаждающее технологическое средство (СОТС) – СинМА-1 ТУ 38.5901176-91, 5% водный раствор. Величина рабочего зазора варьировалась от $\delta = 1-3,5$ мм, коэффициент заполнения рабочего зазора, $k_3=1$, время обработки составляло $t = 120$ с. Исходная шероховатость поверхности кольца подшипника $Ra_1=0,8-1$ мкм.



Рис. 1. Морфология ферроабразивного порошка на основе боридов железа

Методика проведения эксперимента по определению коррозионной стойкости обработанной поверхности включает ускоренные испытания при периодическом или полном погружении в 20%-ый водный раствор NaCl при

температуре 20°C. При оценке коррозионной стойкости использовали качественные показатели [7], такие как изменение внешнего вида поверхности металла. При этом визуально оценивали наличие потускнения; коррозионных поражений, наличие и характер слоя продуктов коррозии; наличие или отсутствие нежелательного изменения среды и др.

При использовании этой методики оценки на образец коррозионных испытаний накладывают прозрачную сетку, разделенную на квадраты (1x1 мм). Этим величинам n и N соответствует число квадратов n сетки, в которые попадают очаги коррозии до основы, из общего числа квадратов сетки N .

В ходе исследований установлено влияние шероховатости поверхности, полученных суперфинишированием и магнитно-абразивной обработкой, на коррозионные свойства исследуемого внутреннего кольца подшипника.

Результаты и обсуждение. На рисунке 2 представлены результаты проведенных испытаний колец подшипников на коррозионную стойкость. Кинетика развития коррозии на образцах, обработанных методом MAO, прослеживается на фотографиях (рис. 2б, 2в, 2г).

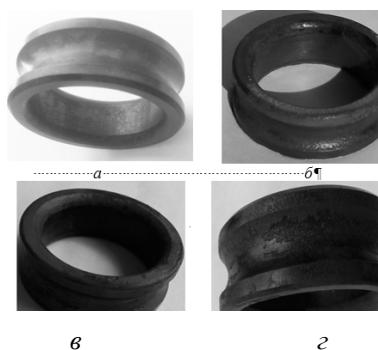


Рис. 2. Фотографии образцов внутреннего кольца подшипника, обработанного методом MAO и подвергнутый испытанию через определенное время: а – до начала эксперимента, б – через 120 часов, в – через 192 часов, г – через 288 часов

Интенсивность развития коррозии представлен графиком зависимости (рис. 3).

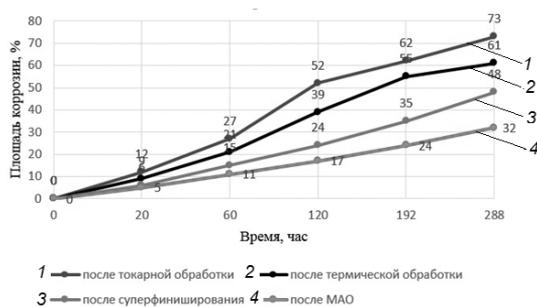


Рис. 3. График интенсивности развития коррозии образцов в зависимости от времени проведения эксперимента

Шероховатость поверхности после суперфиниширования (рис. 4а) представляет собой множество параллельно расположенных царапин. При контакте рабочей поверхности бруска с обрабатываемой поверхностью происходит царапание металла одновременно большим числом абразивных частиц это и определяет анизотропность получаемой поверхности. Размер та-

ких частиц при суперфинишировании составляет 5-20 мкм, а среднее их число на поверхности бруска 400 -5000 зерен на 1 мм³ [8].

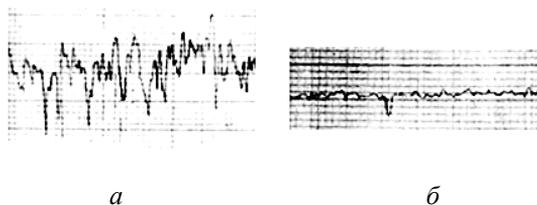


Рис. 4. Профилограммы поверхностного слоя кольца подшипника
а – после суперфиниширования; б – после магнитно-абразивной обработки

В процессе МАО поверхность (рис. 4б) формируется частицами ферроабразивного порошка приблизительно равного размера, контактирующими с ней в различных местах и под произвольными углами. Можно считать, что кинетическая энергия единичных взаимодействий одинакова. Количество единичных взаимодействий, приходящихся на местный участок поверхности, определяет глубину образующейся на нем впадины. В результате, структура поверхности после МАО имеет случайный характер не только по площади, но и по амплитуде.

Произвольные координаты и размер данных микровпадин свидетельствует о случайной структуре поверхности по всей ее высоте. Как следствие, значения параметров шероховатости, рассчитанных вдоль и поперек направления обработки, оказываются приблизительно равными.

После МАО на поверхности остаются единичные микровпадины. Данные микровпадины имеют случайные координаты по горизонтали и размеры, однако их форма приблизительно одинакова. Это показывает одновременно множественный характер взаимодействий и случайное их распределение.

Данный вид обработки обладает определенным трибологическим потенциалом и наиболее перспективен в качестве метода финишной обработки.

Выводы. Интенсивность развития коррозии образцов колец подшипников после МАО, выдержавшие 228 часов испытаний в 20%-ом растворе NaCl, составляет 32% (коррозия была выявлена лишь на рабочем участке внутреннего кольца подшипника), в отличие от образцов колец подшипников после токарной обработки, термообработки и суперфиниширования, составляет 73, 61, 48 %, соответственно. Анализ приведенных результатов эксперимента показывает, что выбор способа обработки позволяет управлять коррозионной стойкостью поверхности детали.

Библиографический список

1. Сидоров В.А., Сотников А.Л. Эксплуатация подшипников качения. / В.А. Сидоров, А.Л. Сотников – Донецк: Технопарк ДонГТУ "УНИТЕХ", 2014. – 175 с.
2. Яцерицын П.И. Тепловые явления при шлифовании и свойства обработанных поверхностей / П.И. Яцерицын, А.К. Цокур, М.Л. Еременко – Минск: Наука и техника, 1973. – 148 с.
3. Захаров О.В. Технология и оборудование бесцентрового суперфиниширования / О.В. Захаров – Саратов: Учебное пособие, 2007. – 80 с.
4. Игнатъев, С.И. Обеспечение качества обработки поверхностей качения колец подшипников на основе контроля динамического состояния шлифовальных стан-

ков по стохастическим характеристикам виброакустических колебаний: автореф. дис.канд.техн.наук./ С.И. Игнатъев; Саратовский государственный технический университет. – Саратов, 2001. – 20с.

5. Барон Ю.М. Технология абразивной обработки в магнитном поле. Л.: Машиностроение, 1975. 128 с.

6. Кожуро Л.М. Обработка деталей машин в магнитном поле / Л.М. Кожуро, Б.П. Чемисов; Под ред. Н.Н.Подлекарева. – Минск: Наука и техника, 1995. – 232 с.

7. Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости ГОСТ 9.908-85. Введ. 01.01.1987. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 17 с.

8. Порошин, В.В. Основы комплексного контроля топографии поверхности деталей: Монография / В.В. Порошин – М.: Машиностроение-1, 2007. – 196 с.

References

1. Sidorov VA, Sotnikov AL, Used bearings for rolling. Donetsk: Technopark of DonSTU "UNITECH", 2014

2. Yascheritsyn P., Thermal phenomena during grinding and properties of treated surfaces, Minsk: Science and Technology, 1973

3. Zakharov, O.V., Technology and equipment of centripetal superfinishing. Saratov: Textbook, 2007

4. Ignatiev, SI, Maintenance of quality of processing of surfaces of rolling of bearings of rings on the basis of control of dynamic condition of grinding machines on stochastic characteristics of vibroacoustic oscillations, author's abstract Dis ... Cand.techn. Science, Saratov State Technical University. – Saratov, 2001

5. Baron, Yu.M., Technology of abrasive treatment in a magnetic field, L.: Mechanical engineering, 1975

6. Kzhuro L.M., Machining of machine parts in a magnetic field, Minsk: Science and Technology. 1995

7. Uniform anti-corrosion and aging system. Metals and alloys. Methods of determination of corrosion and corrosion resistance parameters GOST 9.908-85, M.: IPK Publishing Standards, 1999.

8. Poroshin, V.V., Fundamentals of complex control of surface topography of parts, M.: Mechanical Engineering-1. 2007