

УДК 62.004.67

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КОЛЕЦ ОПОРНО-ПОВОРОТНЫХ УСТРОЙСТВ**

Землянушнова Н.Ю.

*Ставропольский государственный аграрный университет*

Опорно-поворотное устройство (ОПУ) — одна из важнейших сборочных единиц, так как передаёт нагрузки от поворотной части платформы машин на неповоротную (ходовую) часть машин сельскохозяйственной, автомобильной, грузоподъёмной и военной техники [1]. ОПУ обеспечивает вращение поворотной платформы с установленным рабочим оборудованием.

Известные ОПУ представляют собой однорядные подшипники с телами качения (роликами или шариками) и венцом внутреннего зацепления [2]. Роликовое ОПУ (рис. 1) состоит из внутреннего кольца 3, верхнего 1 и нижнего 2 наружных колец, роликов 4 и прокладок 5. Внутреннее кольцо имеет зубчатый венец, который входит в зацепление с выходной шестерней механизма вращения. Кольцо 3 с помощью болтов крепится на ходовой раме машины, а кольца 1 и 2, скреплённые между собой болтами, крепятся к поворотной платформе. Ролики 4 расположены между кольцами 1, 2 и 3, причём оси соседних роликов расположены взаимно перпендикулярно и наклонены к вертикали под углом 60 и 30°. Ролики, катящиеся по дорожкам Б, воспринимают нагрузки, действующие вниз, ролики, катящиеся по дорожкам Г, работают как захватные, передавая усилие от кольца 1 к кольцу 3 и удерживая поворотную платформу от опрокидывания. Ролики смазывают через специальные маслёрки в кольце 1.

Недостаточная прочность поверхности беговых дорожек поворотных колец в зонах контакта — одна из причин их поломки [3].

При диагностировании ОПУ и обнаружении дефектов необходимо произвести с его полную разборку для определения места и степени износа. При незначительном износе необходимо провести восстановительный ремонт колец ОПУ в соответствии с требованиями ОСТ 22—1401, стандартов и технических условий по ремонтным чертежам, утверждённым в установленном порядке. Роликовые и шариковые тела качения следует полностью заменить новыми.

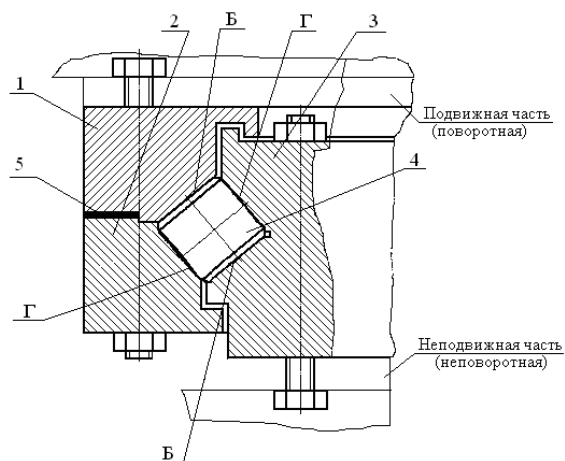


Рисунок 1 — Роликовое однорядное ОПУ

Ремонт колец ОПУ рекомендуется производить следующим образом. Вначале необходимо устранить расточкой дефекты и места износа с поверхностей беговых дорожек, затем их поверхности упрочнить обработкой [3] роликами и финишной плазменной обработкой (ФПУ) [1]. Кроме того, для увеличения долговечности ОПУ следует [4] нижнее подвижное кольцо соединить с прокладкой из высокопрочного материала, установленной с его нижней стороны, причём прокладка может быть секционной с расположением стыков в ненагружённых зонах, крепиться винтами или клеящим материалом. Затем, с целью повышения долговечности кругов ОПУ, в дорожки качения рекомендуется установить крестообразно роликовые тела качения, а между роликовыми телами качения установить шариковые тела качения [5]. При этом процесс износа дорожек качения увеличивается во времени по отношению к износу дорожек опорно-поворотного круга при наличии в нём только роликовых или только шариковых тел качения, что повышает долговечность круга в целом.

Операцию механической обработки беговых дорожек колец ОПУ следует проводить на токарно-карусельном станке, например, модели 1516. Станок имеет вертикальную компоновку: направляющие расположены вертикально, а стол с планшайбой — горизонтально. Такая компоновка облегчает установку заготовок и наблюдение за процессом обработки. Станок обеспечивает получение точности диаметральных размеров 6-го и 7-го квалитетов и параметра шероховатости поверхности до  $Ra = 1,25$  мкм [6]. Таким образом, применение названного станка позволит повысить производительность труда и качество обрабатываемой поверхности.

Обработка беговых дорожек колец ОПУ роликами с целью повышения их ресурса освещена в литературе [3]. Технология финишного плазменного упрочнения беговых дорожек колец ОПУ до настоящего времени не применяется.

Финишное плазменное упрочнение [7, 8] — новая технология для многократного повышения работоспособности инструмента, штампов, пресс-форм и деталей машин, рассчитанная на массовое применение в промышленности. ФПУ является заключительной операцией и проводится после окончательной механической, термической и абразивной обработки изделий. Сущность ФПУ состоит в нанесении износостойкого покрытия (оксикарбонитрида кремния) с одновременным осуществлением процесса повторной плазменной закалки приповерхностного слоя (на глубину нескольких микрометров). Покрытие является продуктом плазмохимических реакций реагентов, прошедших через дуговой плазмотрон. Закалка происходит за счет локального воздействия высококонцентрированной плазменной струи. Эффект от ФПУ достигается за счет изменения физико-механических свойств поверхностного слоя: увеличения микротвердости, уменьшения коэффициента трения, создания сжимающих напряжений, залечивания микродефектов, образования на поверхности диэлектрического и коррозионностойкого пленочного покрытия с низким коэффициентом

теплопроводности, химической инертностью и специфической топографией поверхности.

Технологический процесс ФПУ проводится при атмосферном давлении в воздушной среде и состоит из операций предварительной очистки (любым известным методом) и непосредственно упрочнения обрабатываемой поверхности путем воздействия на неё плазменной струи при взаимном перемещении изделия и плазмотрона [8].

Экономическая эффективность ФПУ изделий, как известно [8], определяется повышением их работоспособности и износостойкости, сокращением необходимого количества для заданной производственной программы, экономией инструментальной стали, уменьшением объёма заточных операций, сокращением времени и средств, связанных с настройкой прессов и металлообрабатывающих станков, возможностью интенсификации режимов работы. Поэтому внедрение ФПУ на предприятиях России, стран СНГ и зарубежья повышает стойкость упрочненных изделий в 2...10 раз [8].

Оборудование для ФПУ, установленное на кафедре технического сервиса и ремонта машин Ставропольского ГАУ (рис. 2), включает в себя переносной блок аппаратуры с жидкостным дозатором 1, малогабаритный плазмотрон с плазмохимическим генератором 2 и источник питания 3.

Предлагаемая технология ремонта ОПУ состоит в том, что после расточки беговых дорожек и их обработки давлением применяют ФПУ. Первой операцией является приемка кольца на упрочнение. ФПУ не подлежат изделия, имеющие на упрочняемых зонах следы окисления, прижоги, заусенцы, сколы, затупления. Кольцо следует установить на поворотный стенд, где произвести обезжиривание беговой дорожки бязью, смоченной керосином, затем ацетоном. Необходимо просушить места упрочнения спиртом. Затем следует осуществить финишное плазменное упрочнение беговой дорожки кольца. Последняя операция — контрольная,

которую рекомендуется проводить при помощи прибора контроля качества нанесения покрытия [8]. В конце кольцо ОПУ снимается со стенда.

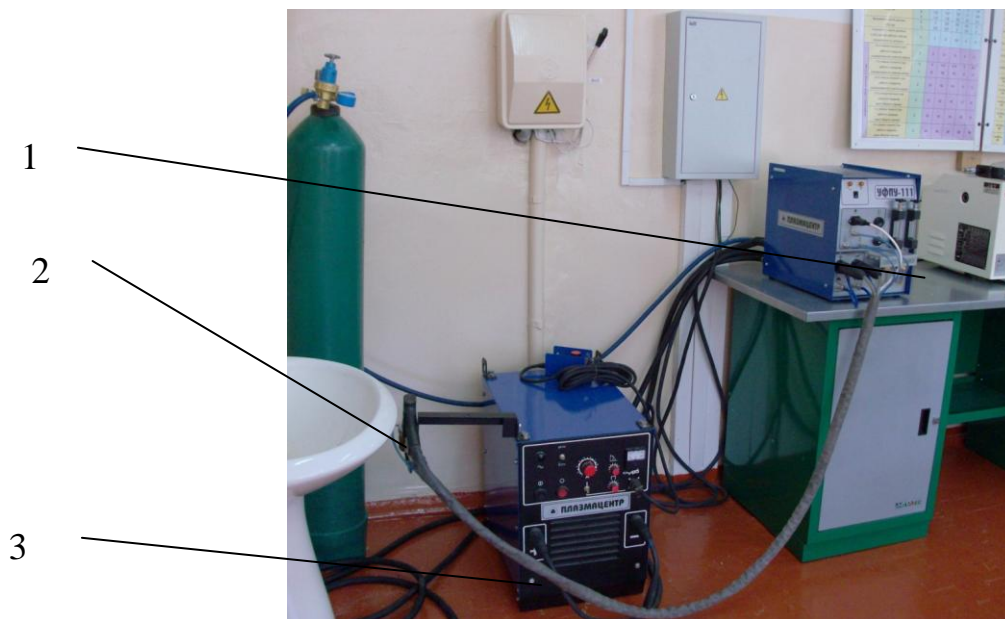


Рисунок 2 – Установка для финишного плазменного упрочнения

Предлагаются следующие режимы ФПУ колец ОПУ. Толщину покрытия дорожки кольца согласно рекомендациям литературы [8] принимаем 0,5...1 мкм; производительность нанесения покрытия  $P = 10 \text{ мм}^2/\text{с}$ ; скорость перемещения плазматрона должна составлять  $v = 10...30 \text{ мм/с}$ . Ширина полосы покрытия — 8 мм.

Площадь поверхности  $A$  (рис. 3), на которую требуется нанести покрытие определяем так. Ширину  $B$  поверхности  $A$  разобьём на полосы  $b$  по 8 мм. Ширина поверхности упрочнения должна быть больше  $B$  и выступать на 2...4 мм за границы поверхности  $A$ . Далее для каждой полосы  $b$  необходимо определить диаметр середины  $D_i$ , мм.

Длины окружностей  $C_i$ , мм, по которым будет перемещаться плазматрон определим по известной формуле [9]

$$\tilde{N}_i = \pi \times D_i. \quad (1)$$

Площадь поверхности, подлежащей обработке  $S_p$ , мм<sup>2</sup>,

$$S_p = 8 \times \sum_1^i C_i. \quad (2)$$

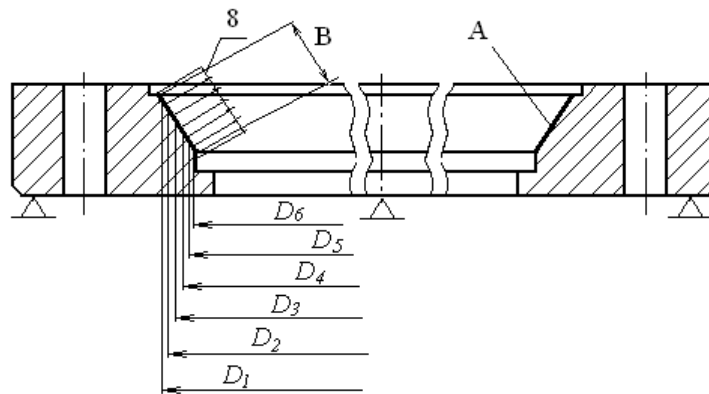


Рисунок 3 — Операционный эскиз ФПУ кольца ОПУ

Общее время нанесения покрытия  $t$ , с, на площадь обработки [8]

$$t = \frac{S_P}{P} \cdot \quad (3)$$

Время однократного прохода плазмотрона  $t_1$ , с, над площадью  $S_P$

$$t_1 = \frac{\sum_{i=1}^i C_i}{v} \cdot \quad (4)$$

Число проходов плазмотрона  $i$  для нанесения покрытия заданной толщины [8]

$$i = \frac{t}{t_1} \cdot \quad (5)$$

Вспомогательное время определяем по нормативным данным в зависимости от выбранной технологической оснастки и оборудования. Для ФПУ — 7 мин. Время обслуживания рабочего места составляет 3...8%, а время на личные потребности 4...9% от оперативного времени. Подготовительно-заключительное время — 10...15 мин [10].

Необходимую частоту вращения станда  $n$ , об/мин, следует определять по формуле [11]

$$n = \frac{30 \times \omega}{\pi}, \quad (6)$$

где  $\omega$  — угловая скорость вращения станда,  $c^{-1}$  [11],

$$\omega = v/R, \quad (7)$$

где  $R$  — средний радиус беговой дорожки кольца поворотного круга, мм.

В качестве примера по зависимостям (1)...(7) определены режимы ФПУ кольца подвижного нижнего нормализованного роликового опорно-поворотного круга № 3 (рис. 3). Результаты расчетов представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1 — Длины окружностей перемещения плазмотрона

| $C_1$ , мм | $C_2$ , мм | $C_3$ , мм | $C_4$ , мм | $C_5$ , мм | $C_6$ , мм |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| 3494,82    | 3469,70    | 3444,58    | 3419,46    | 3394,34    | 3369,22    |

Таблица 2 — Режимы ФПУ кольца подвижного нижнего нормализованного роликового опорно-поворотного круга № 3

| $S_p$ , мм <sup>2</sup> | $t$ , мин | $t_1$ , мин | $i$ | $T_{ш}$ , мин | $n$ , об/мин |
|-------------------------|-----------|-------------|-----|---------------|--------------|
| 164736,96               | 274,56    | 11,44       | 24  | 310,6         | 0,52         |

Примечание:  $T_{ш}$ , мин, — общая норма времени на ФПУ.

Применение предложенной технологии ремонта колец ОПУ с использованием финишного плазменного упрочнения беговых дорожек предполагает повышение ресурса ОПУ не менее чем в 2,5 раза.

Недостатком ФПУ является невысокая производительность и высокая стоимость используемых химических реагентов. Поэтому данную технологию упрочнения рекомендуется применять для ОПУ ответственных машин.

#### Литература

1. Проломов, А.М. К вопросу ремонта опорно-поворотных устройств / А.М. Проломов, А.А. Проломов, Ю.М. Тебенко, Н.Ю. Землянушнова // Актуальные проблемы научно-технического прогресса в АПК. : сб. науч. статей по материалам III Международной науч.-практ. конф. в рамках X Международной агропромышленной выставки «Агроуниверсал-2008». — Ставрополь : АГРУС, 2008. С. 162—166.

2. Горбунов, И.В. Устройство и эксплуатация автомобильных кранов с электрическим и гидравлическим приводами. Учебное пособие / И.В. Горбунов, А.Ф. Лобзин. – М. : ДОСААФ, 1986. – 342 с.

3. Проломов, А.М. Влияние технологической обработки давлением на прочность колец опорно-поворотных устройств / А.М. Проломов, А.И. Казначеев // Оборонный комплекс — научно-техническому прогрессу России. —2006. — №1. — С. 31—37.

4. Пат. RU 2280611 С1, МПК В66С 23/84, Е02F 9/12. Опорно-поворотный круг / Проломов А.М., Глушкин И.Р., Котельников В.С. — 2004138055/11; заявлено 24.12.2004; опубл. 27.07.2006. Бюл. №21. — 3 с.

5. Пат. RU 2297972 С2, МПК В66С 23/84, Е02F 9/12. Опорно-поворотный круг / Проломов А.М., Глушкин И.Р., Котельников В.С. — 2005106976/11; заявлено 10.03.2005; опубл. 20.08.2006. Бюл. №12. — 4 с.

6. Коготков, М.Я. Токарь-карусельщик. Учебное пособие. — Л. : Машиностроение, 1986. — 240 с.

7. Землянушнова, Н.Ю. Новые технологии при ремонте машин и оборудования. Финишное плазменное упрочнение инструмента, технологической оснастки и других изделий : методическое пособие / Н.Ю. Землянушнова, А.Т. Лебедев, А.В. Захарин, Р.А. Магомедов. — Ставрополь: АГРУС, 2008. — 64 с.

8. Технологическая инструкция «Финишное плазменное упрочнение инструмента, технологической оснастки и других изделий». — Санкт-Петербург, ООО «НПФ «Плазмацентр», 2007 — 35 с.

9. Старков, С.Н. Математические формулы и графики функций. – СПб. : Питер, 2004. – 64 с.

10. Белых, В.В. Технология сельскохозяйственного машиностроения. Методические указания по выполнению курсовой работы / В.В. Белых, Ю.М. Шапран, Н.Ю. Землянушнова. — Ставрополь : АГРУС, 2006. — 64 с.

11. Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики. Учебник для вузов. – М. : Высш. шк., 2002. — 416 с.