

УДК 621.926.52:621.91

**А.С. Корогодин, С.Л. Иванов**

**A.S. Korogodin, S.L. Ivanov**

Санкт-Петербургский горный университет

Saint-Petersburg Mining University

## **ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЦАПФ ОПОРНЫХ ПОДШИПНИКОВЫХ УЗЛОВ БАРАБАННЫХ МЕЛЬНИЦ**

### **DRUM MILL BEARING UNIT TRUNNION RESTORATIONS**

Рассмотрены существующие технологии ремонтного восстановления цапф опорных подшипниковых узлов барабанных мельниц и проведен анализ способов капитального ремонта опорных цапф мельниц. Представлена структура технического обслуживания и ремонта барабанных мельниц. Даны подходы к реализации низкозатратных технологий проведения ремонтных работ.

**Ключевые слова:** капитальный ремонт, барабанная шаровая мельница, опорный подшипниковый узел, полая цапфа, базовый узел, ресурсоопределяющий узел, восстановление.

Existing technologies of shaft bearing unit repair of drum mills and the analysis of methods of capillary-tall repair of mill bearing pins are considered. The structure of maintenance and repair of drum mills is presented. Approaches to implementation of low-cost repair technologies are given.

**Keywords:** overhaul, drum ball mill, bearing bearing unit, hollow journal, base unit, resource determining unit, recovery.

В настоящее время горно-металлургическая отрасль Российской Федерации одна из наиболее развивающихся и важных составляющих в экономике, занимающая второе место после нефтегазовой промышленности [1].

В отечественной горно-металлургической промышленности для помола различных рудных и нерудных полезных ископаемых широко применяют барабанные шаровые мельницы [2]. Они сравнительно просты по конструкции и технологичны в эксплуатации. Их простота в обслуживании и возможность регулирования в широких диапазонах величины помола продукта предопределило их дальнейшее применение на предприятиях [3].

Барабанные шаровые мельницы являются одним из основных элементов подготовительного передела. В процессе работы под действием значительных динамических нагрузок, абразивности рабочей среды и запыленности атмосферы элементы барабанных мельниц, их узлы и агрегаты подвергаются ин-

тенсивному изнашиванию. А учитывая, что тонкому измельчению подвергаются большие объемы материалов, становится очевидным, что в процессе эксплуатации мельницы подвержены интенсивному изнашиванию, в первую очередь вся ее механическая часть, включая крупногабаритные опорные вращающиеся детали и узлы. Особое место среди них занимают базовые ресурсопределяющие узлы – подшипниковые гидростатические опоры скольжения [4]. Опорные устройства барабана мельниц выполняются в виде баббитовых подшипников скольжения, взаимодействующих с пустотелыми цапфами корпуса барабана.

Перегрев опорных подшипников из-за засорения системы смазки и неисправности уплотнительных средств является одной из наиболее распространенных причин выхода из строя барабанных мельниц. Возникающие вследствие тепловых процессов неуравновешенность и вибрация в сочетании с высокими удельными нагрузками поверхностей цапф и подшипников мельницы вызывают неравномерное изнашивание опорных подшипниковых узлов, зазор в подвижном соединении увеличивается, масляная подушка, разделяющая цапфу и баббитовый вкладыш, истончается, и опорные подшипники перестают нормально функционировать. Происходит разбалансировка опорных узлов, из-за чего возникают высокие осевые и радиальные нагрузки.

При выкрашивании поверхностного слоя подшипника и цапфы абразивные частицы способствуют интенсивному изнашиванию опор скольжения, в результате чего на рабочих поверхностях цапф появляются риски, забоины, задиры, вмятины, трещины и сколы, а сам профиль цапф приобретает конусообразный вид [5, 6, 7]. Указанное приводит к отказам самой мельницы и остановке всей цепи оборудования и требует проведения как внеочередных ремонтно-восстановительных работ, так и работ в рамках мероприятий ТОиР [8].

Текущий ремонт шаровых мельниц проводится один раз в месяц (через 720 ч работы), продолжительностью 12 ч при трудозатратах 16 чел/ч. При текущем ремонте обычно проводят осмотр деталей и узлов мельницы и ее привода, заменяют сальниковые набивки, осуществляют затяжку крепления броневых плит и замену смазки подшипников привода, добавляя масло в картер редуктора.

Периодичность среднего ремонта составляет 2880 ч, его продолжительность 48 ч при трудоемкости 86 чел/ч. После наработки в 17280 ч производят капитальный ремонт мельницы, его продолжительность составляет около 120 ч при трудоемкости в 175 чел/ч. При капитальном ремонте, в период проведения которого и производят восстановление рабочих поверхностей опорных цапф, мельницу полностью демонтируют и разбирают на узлы и детали, после чего износившиеся составляющие ремонтируют или заменяют [9].

Существующие технологии ремонтного восстановления цапф опорных подшипниковых узлов барабанных мельниц связаны с необходимостью остановки

всей технологической цепи оборудования на продолжительный период времени [10]. При капитальном ремонте производят ремонт цапф и подшипниковых опор.

Для этого перед разборкой освобождают мельницу от материала, затем снимают крышки люков камер и при вращении корпуса мельницы высыпают шары через открытые люки. После разгрузки мелющих тел внутреннюю полость мельницы промывают водой, затем одновременно отключают электродвигатель и водяное охлаждение подшипников и маслопровод системы смазки, сливая при этом воду и смазку. После снятия ограждений привода и отсоединения его муфт вскрывают верхние крышки опорных гидростатических подшипниковых узлов, заблаговременно удаляя уплотнительное устройство, осматривают и проверяют поверхности загрузочной и разгрузочной цапф, измеряют образовавшиеся в процессе изнашивания зазоры и величину отклонения от цилиндричности.

Далее от редуктора отсоединяют промежуточный вал, осуществляют подъем корпуса, его демонтаж и демонтаж сварных полых цапф.

После демонтажа их промывают керосином, насухо вытирают ветошью и выявляют забоины, царапины, задиры, коррозионные разъедания рабочих поверхностей. Дефекты устраняют наплавкой с последующим протачиванием наружной поверхности цапфы. Демонтаж и ремонт полых цапф производят на стационарных карусельных станках, предназначенных для обработки изделий больших габаритов, а затем шлифуют всю цапфу. Все это весьма трудоемкий процесс, требующий оптимизации и механизации.

Так как перевозка цапф на соответствующие промышленные площадки требует больших временных затрат и весьма трудоемка, следовательно, экономически выгодно производить обработку цапф мельницы без ее демонтажа на месте ее установки. С этой целью в настоящее время используют технологию обработки специальными нестационарными станками для восстановления рабочей цилиндрической поверхности цапф на месте эксплуатации мельниц [11].

Примером такого технического решения является приставной станочный модуль для обработки опорных цапф барабанных мельниц (Пат. RU 165774), включающий стационарную опору, на которой закреплен механизм самоустановки стоек для базирования цапф, состоящий из корпуса, основание которого выполнено в виде сферы в средней части которого закреплены опорные ролики, установленные на валу с установленным обрабатываемым узлом, который содержит силовой стол с закрепленным на нем кубом с суппортом.

Недостатком приставного станочного модуля является то, что во время вращения цапфы при прохождении ее бурта по дефектному месту опорного ролика происходит смещение сферического основания с поперечным суппортом, приводя к неточной обработке цапфы.

Известен станок для обработки цапф помольных мельниц (Пат. RU166615), включающий подвижный корпус со сферическим основанием, на котором закреплена стойка с режущим инструментом, ролики для базирования буртов цапф, закрепленные на подвижных плунжерах, размещенных по периметру основания сферического вида для устранения его колебаний.

Недостатком устройства является необходимость наличия буртов определенного расположения и размера на цапфах для их базирования в процессе обработки на станке, а также необходимость переустановки станка после обработки первой цапф, что увеличивает время проведения ремонтных работ и погрешность обработки цапф.

Известен способ обработки крупногабаритных валов без их демонтажа (Пат. РФ №2242346, МПК В23Р 6/02, В2 В 5/08, опубл. 20.12.2004), включающий обработку поверхности скольжения цапфы путем воздействия на нее обрабатываемым элементом при ее вращении от электродвигателя мельницы, при этом обрабатываемая цапфа устанавливается буртами на четыре опорных ролика модульного станка, а необрабатываемая цапфа устанавливается в стационарную подвижную опору для ее фиксации от осевого перемещения.

Недостатком способа является необходимость использования собственного двигателя мельницы для придания вращательного движения корпусу мельницы при обработке ее цапф от собственного двигателя в открытых подшипниках непосредственно, на нижних частях подшипниковых цапф, что не дает возможности проводить параллельно ремонтные работы самого привода и цапф мельницы. Кроме того, после обработки первой цапфы необходимо переустанавливать опоры, что увеличивает погрешность базирования, нарушая принцип постоянства баз, при этом увеличивается время проведения ремонтных работ.

Известен способ механической обработки наружных цилиндрических поверхностей и устройство для ее осуществления (Пат. РФ №2288076, МПК В23В 1/00, В23В 5/08, опубл. 27.11.2006), включающий обработку наружной вращающейся поверхности, закрепленной одним концом в плавающем патроне переднего ведущего центра станка и помещенной на оправке, которая расположена напротив режущего инструмента и синхронно перемещается с ним в продольном направлении, при этом положение обрабатываемого изделия в радиальном направлении стабилизируют прижимными роликами в процессе обработки режущим инструментом.

Недостаток способа в том, что он не предусматривает возможность применения широкого спектра инструментов для проведения ремонтных работ, а наличие прижимных роликов, прилегающих к обрабатываемой вращающейся поверхности, снижает качество ее обработки.

Известен способ восстановления барабанной мельницы (Пат. RU2429113), включающий демонтаж мельницы путем отсоединения фланцев

загрузочной и разгрузочной цапф от фланцев барабана мельницы, отделение цапф от барабана мельницы, очистку изношенных круговых и цилиндрических поверхностей фланцев от окалины, минеральных и металлических наслоений, наращивание изношенных частей наплавкой металла, снятие на кольцевых и цилиндрических поверхностях излишне наплавленного металла, монтаж мельницы путем соединения фланцев загрузочной и разгрузочной цапф с фланцами барабана мельницы и восстановление соосности монтажных отверстий для болтовых соединений фланцев цапф с фланцами барабана мельницы, при этом демонтаж мельницы осуществляют на промплощадке предприятия.

Недостатком способа является необходимость демонтажа мельницы с частичной разборкой мельницы и отсоединением цапф от барабана с дальнейшей транспортировкой их на промплощадку предприятия для проведения ремонтных работ, а по их завершении транспортирование барабана на место установки мельницы с проведением ее сборки, центровки составных частей и последующим монтажом, что значительно увеличивает трудоемкость ремонтно-восстановительных работ и их продолжительность.

Известен способ восстановления внешних цилиндрических поверхностей (Пат. RU2476306), включающий обработку внешних цилиндрических поверхностей вращающихся деталей до 7000 мм, в частности бандажа печи в процессе ее эксплуатации с помощью шлифовального устройства, имеющего рабочий орган в виде бесконечной абразивной ленты со шкивами, один из которых соединен с мотором-редуктором его привода и подпружиненным опорным колесом, установленным на рабочем столе с направляющими продольного хода, столом поперечного хода с электродвигателем, траверсой, взаимодействующей с обрабатываемой внешней цилиндрической поверхностью бандажа посредством роликов.

Недостатком способа является необходимость использования собственного двигателя обрабатываемого изделия для придания ему вращательного движения при обработке его внешних цилиндрических поверхностей, а базирование устройства по его поверхностям в процессе обработки снижает их точность и качество обработки. Кроме того, после обработки одного бандажа необходимо переносить и заново выставлять устройство для обработки следующего, что увеличивает погрешность соосности расположения обработанных бандажей относительно друг друга.

В имеющихся исследованиях по данной тематике не в полной мере решены вопросы восстановления работоспособности цапф при обеспечении необходимой точности их обработки. Таким образом, в настоящее время постановка задачи восстановления цапф мельниц в условиях эксплуатации представляется весьма актуальной с практической и теоретической точек зрения и

требует проведения исследований и последующей разработки технического решения устройства для восстановления цапф барабанных мельниц совместно с ее корпусом непосредственно на месте их эксплуатации в рамках инновационной технологии проведения капитального ремонта базовых узлов мельницы. Его применение обеспечит снижение времени нахождения оборудования в ремонте и будет способствовать развитию горно-металлургической промышленности страны.

### Список литературы

1. Корогодин А.С., Борисов Б.П. Построение профилей копиров для специализированных станков по обработке янтарных кабошонов на основе компьютерных технологий [Электронный ресурс] // Вестн. молод. науки: электрон. науч. журн. – 2019. – №2(19). – С. 9. – URL: <http://vestnikmolnauki.ru/wp-content/uploads/2019/06/Korogodin-219.pdf> (дата обращения: 15.10.2020).
2. Прогрессивное машиностроительное оборудование: кол. моногр. / В.В. Ержуков, А.Г. Ивахненко, Е.О. Ивахненко, А.В. Киричек, В.В. Куц, А.В. Морозова, Л.А. Рыбак, Д.Л.Соловьев, М.А. Федоренко, А.В. Чичварин, В.П. Яглинский; под ред. А.В. Киричека. – М: Спектр, 2011. – 248 с.
3. Богданов В.С., Булгаков С.Б., Ильин А.С. Технологические комплексы и механическое оборудование предприятий стройиндустрии. – СПб.: Проспект науки, 2010. – 624 с.
4. Ревенко Н.Ф., Семенов В.В., Схиртладзе А.Г. Экономика ремонта и обслуживания оборудования предприятий ООО «ТНТ». – М., 2012. – 456 с.
5. Ivanov S.L., Shishkin P.V. Integral criterion of mining machines technical condition level at their operation // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87(2017) 022009. DOI:10.1088/1755-1315/87/2/022009
6. Ivanov S.L., Shishkin P.V. Manufacturing and design technology of Combined corrected gearing and nonstandard Radial clearance // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 194(2018) 022013. DOI:10.1088/1755-1315/194/2/022013
7. Искажения поверхности резания обрабатываемой детали в форме усеченного конуса при ротационной обработке / О.В. Бестужева, М.А. Федоренко, Ю.А. Бондаренко, В.Я. Дуганов // Технология машиностроения. – 2016. – №4.
8. Оценка факторов влияния на выбор стратегии технического обслуживания экскаваторов / Е.В. Пумпур, В.И. Князькина, К.А. Сафрончук, С.Л. Иванов // Горн. информ.-аналит. бюл. – 2019. – № 12 (специальный выпуск 41). – С. 3–19. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-12-41-3-19
9. СТО 70238424.27.060.01.011-2009. Мельницы шаровые барабанные. Общие технические условия на капитальный ремонт. Нормы и требования // Стандарт организации НП «ИНВЭЛ». – М., 2010. – 134 с.

10. Кутепов И.Н. Электропривод шаровой мельницы [Электронный ресурс] // Молодежь и наука: сб. материалов IX Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых с междунар. уч., посвященной 385-летию со дня основания г. Красноярска. – Красноярск: Изд-во Сиб. федер. ун-та, 2013. – URL: <http://conf.sfu-kras.ru/sites/mn2013/section033.html>. (дата обращения: 15.10.2020).

11. Корогодин А.С. Совершенствование технологического процесса ремонта цапф барабанной мельницы без ее демонтажа / Актуальные проблемы современной науки, техники и образования: программа 78-й междунар. науч.-техн. конф. – Магнитогорск: Изд-во Магнит. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2020. – 141 с.

Получено 17.09.2020

**Корогодин Артур Сергеевич** – магистрант кафедры «Машиностроение», группа ММм-19, механико-машиностроительный факультет, Санкт-Петербургский горный университет.

Научный руководитель **Иванов Сергей Леонидович** – доктор технических наук, профессор кафедры «Машиностроение», Санкт-Петербургский горный университет, механико-машиностроительный факультет, e-mail: [slivanov@spmi.ru](mailto:slivanov@spmi.ru).