

ТЕРОТЕХНОЛОГИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ГОРНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ ПРИ ОСВОЕНИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ В ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ АРКТИКИ

Корогодин А.С., Иванов С.Л., Князькина В.И.

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

Ключевые слова: теротехнология, динамическое горное оборудование, Арктика, месторождение «Павловское», плавучий горно-обогажительный комплекс, наилучшие доступные технологии НДТ.

Аннотация. Рассмотрены и выделены перспективные направления в области горнодобывающей отрасли при освоении Арктической зоны. Показана актуальность применения теротехнологий горного оборудования, как важной составляющей готовности и восстанавливаемости специального горного оборудования, задействованного при освоении месторождений подобных месторождению «Павловское» на Новой Земле. Представлены подходы по реализации адаптивной технологии проведения ремонтных работ динамического горного оборудования дезинтеграции как элемента системы комплекса горно-обогажительного оборудования на принципах наилучших доступных технологий (НДТ) при освоении месторождений в природно-климатических условиях Арктики.

CONTINUOUS MAINTENANCE OF DYNAMIC MINING EQUIPMENT FOR DISINTEGRATION IN THE DEVELOPMENT OF FIELDS IN THE NATURAL AND CLIMATIC CONDITIONS OF THE ARCTIC

Korogodin A.S., Ivanov S.L., Knyazkina V.I.

Saint-Petersburg Mining University, Saint-Petersburg

Keywords: continuous maintenance, dynamic mining equipment, the Arctic, «Pavlovskoye» field, floating mining and processing complex, best available BAT technologies.

Abstract. The paper considers and highlights promising directions in the field of mining in the development of the Arctic zone. It shows the relevance of application of mining equipment continuous maintenance as an important component of readiness and recoverability of special mining equipment involved in the development of deposits similar to «Pavlovskoye» field on Novaya Zemlya. Approaches to implementation of adaptive technology for repair work of dynamic disintegrating mining equipment as an element of the mining and processing equipment complex on the principles of the best available technologies (BAT) in the development of deposits in the natural and climatic conditions of the Arctic are presented.

Сложные объекты длительного срока применения требуют постоянного технического обслуживания и ремонта на протяжении всего их периода эксплуатации для сохранения заданной производительности при высоком

уровне готовности и минимизации рисков отказов системы, элементами которой они являются [8].

Теротехнология – обеспечение эффективной работы оборудования в течение всего срока его службы с учётом технических, технологических и организационных факторов и связей между ними. Неотъемлемой частью и основой такой технологии является техническое обслуживание и ремонт оборудования. Теротехнологический подход позволяет удерживать заданную производительность отдельных машин и их комплексов при оптимизации затрат в период эксплуатации с учетом действующих технических, технологических и организационных факторов, как эргатической системы. Это предоставляет дополнительные возможности для улучшения конструкции и производства эксплуатируемого оборудования, создавая и используя обратные связи при широком применении диагностических процедур в его регламентном техническом обслуживании.

Одной из важнейших экономических составляющих Российской Федерации наряду с нефтегазовой промышленностью является ее горно-обогатительная отрасль. Однако в настоящее время в России выявилось некоторое несоответствие состояния минерально-сырьевой базы стратегии развития Российской Федерации. В первую очередь это связано с растущим числом отработанных месторождений легкообогатимых богатых руд цветных металлов, и в первую очередь – свинцово-цинковых месторождений. Основу современной минерально-сырьевой базы России преимущественно составляют бедные труднообогатимые руды, при этом, учитывая мировые цены на конечную продукцию, их разработка с применением традиционных технологий становится нерентабельной [4]. Это относится и к 34% свинцовых месторождений. Немаловажным в современных условиях является, и соблюдение природоохранных мероприятий связанных с накоплением недостаточно селективно разассигнованных между продуктами комплексов сульфидных минералов свинцово-цинковых руд в промпродуктах и как следствие потерям цветных и драгоценных металлов, что снижает качество концентратов.

Перспективным направлением в горнодобывающей отрасли на период с 2022 года выступает серебросодержащее свинцово-цинковое месторождение «Павловское» на Новой Земле [6]. Пока что это единственное месторождение, расположенное на Новой Земле с утвержденным балансовым запасом, которое на момент последнего подсчета составило более 19 млн тонн руды и поставлено на государственный баланс. Руды месторождения «Павловское» преимущественно представляют из себя природный концентрат с примерным содержанием цинка до 35% и свинца до 20% соответственно, а проведенные полупромышленные испытания окончательно подтвердили их высокое качество. Это делает месторождение «Павловское» одним из топа пяти аналогичных минерально-сырьевых баз в мировой экономике.

Стратегическим преимуществом месторождения «Павловское» является его расположение вблизи одних их крупнейших европейских предприятий,

занимающихся переработкой горнорудных концентратов. А имеющаяся договоренность с подобными потенциальными потребителями сырья, покрывающими сбыт планируемой продукции месторождения, подтверждает рыночные перспективы проекта, делая его высокорентабельным [7].

Освоение Павловского месторождения будет также способствовать успешной реализации приоритетных направлений развития российской Арктики. В связи с чем в марте 2017 года проект, включающий в себя месторождение «Павловское», вошел в программу государственного развития Российской Федерации в рамках социально-экономического развития зоны Арктики. Однако для его разработки требуется применение климатически сберегающих геотехнологий и наилучших доступных технологий (НДТ), а для их реализации создание комплекса нового, как по конструкции, так и по уровню комплекса горного оборудования и соответствующих теротехнологий для его надежного функционирования.

В рамках соблюдения природоохранных мероприятий Арктики правительством Российской Федерации, Госкорпорацией «Росатом» был предложен проект освоения, предусматривающий уход от традиционного метода организации работ, без строительства капитальных сооружений первичной подготовки и обогащения добытой руды на борту карьера, а разработать плавучий комплекс, включенный в технологическую цепочку горного оборудования карьера, и позволяющий тем самым, используя стратегическое географическое положение месторождения, перерабатывать добываемую руду непосредственно на его борту. Это существенно снижает негативную техногенную нагрузку на природную среду Арктики, облегчая рекультивацию месторождения по окончании добычи. Монтаж горно-обогатительного оборудования на плавучем комплексе позволяет сократить время и затраты подготовки месторождения минимизируя риски проекта с последующей возможностью применения последнего для аналогичных месторождений. Учитывая тот факт, что Арктическая зона не ограничивается лишь месторождением «Павловское», а имеет в своем составе множество перспективных территорий рудопроявления, включающих в себя месторождения цветных металлов: магния, свинца, цинка, серебра, олова и др., модульная система плавучего горного комплекса является весьма перспективной [2]. В связи с этим на проект выделена государственная субсидия в размере семи миллиардов рублей. Общий объем финансов предложенной модели и подхода в разработке месторождения, вызывающий интерес потенциальных инвесторов, партнеров и финансовых учреждений, составляет почти 80 миллиардов рублей.

Плавучий горный комплекс с размещенным в нем горно-обогатительным оборудованием будет включать в себя несколько основных функциональных участков, расположенных на соответствующих палубах: горно-обогатительного оборудованием, электростанцию, административно-бытовые помещения и прочие вспомогательные объекты и лаборатории. На суше месторождения остается только сам карьер с добычным оборудованием, дробильно-

сортировочные машины первичного дробления, горнотранспортные машины, хвостохранилище вместе со складом концентрата.

Загрузка и установка оборудования на борт плавучего горного комплекса предполагается при его постройке. На точке стояния специализированных ремонтных объектов полного цикла не предполагается, поэтому к обеспечению безотказности функционирования оборудования комплекса предъявляются особые, довольно жесткие требования, в свою очередь они усугубляются не возможностью перемещения оборудования для проведения ремонта при ограниченности пространства для его размещения. Все это требует создания машин и устройств для обеспечения профилактических ремонтных работ и сервисного обслуживания зачастую встраиваемых в создаваемое горное и обогатительное оборудование или его рабочую площадку.

Основной из причин потери работоспособности крупногабаритного динамического горного оборудования плавучего комбината является естественный износ и старение его элементов, а так же человеческий фактор, приводящий к неточности монтажа, нарушения инструкции по эксплуатации, в том числе и отход от конструкторской документации при ремонте и техническом обслуживании, что в свою очередь приводит к интенсификации деградационных процессов, усугубляемых ограниченностью свободного пространства, отсутствием стационарных ремонтных баз, что требует создания специального модульного многофункционального оборудования для поддержания технологического оборудования горного плавучего комплекса на соответствующем уровне готовности [3].

Поэтому необходимо разрабатывать и иметь в составе плавучего горно-обогатительного комбината ряд механизированных станочных модульных комплектов, которые бы обеспечивали ремонт деталей крупногабаритного динамического оборудования непосредственно в условиях эксплуатации без значительных потерь при остановке технологического процесса производства [1]. Наличие таких комплектов станков или модулей, которые можно устанавливать на, под или рядом с восстанавливаемым оборудованием или его узлом, позволит сократить время простоя оборудования в ремонте и, вовремя нивелируя возникающие деградационные процессы, увеличить срок эксплуатации технологической линии получив при этом дополнительный выпуск продукции [5].

Наиболее уязвимым в этом отношении является крупное динамическое оборудование плавучего горного комплекса, а именно барабанные мельницы, основную нагрузку при работе которых воспринимают крупногабаритные подшипники скольжения, которые характеризуются высокими техническими показателями, предъявляемыми к точности рабочих поверхностей цапф и чистоте их обработки. В процессе непрерывной эксплуатации барабанных мельниц под воздействием интенсивных динамических колебаний и переменных нагрузок вкупе с запыленностью атмосферы абразивными частицами обогащаемого рудного сырья ресурсопределяющие узлы мельниц

– опорные подшипниковые узлы скольжения, подвергаются неизбежным дегазационным процессам. Что приводит к выкрашиванию поверхностей баббитовых вкладышей, истончению масляной подушки и как следствие к засорению системы смазки и перегреву подшипниковых узлов скольжения из-за их разбалансировки, что является одной из распространенных причин выхода из строя барабанных мельниц и остановки всей цепи горно-обогачительного оборудования плавучего комплекса. А учитывая суровый арктический климат и закладываемые высокие показатели количества обогащаемого сырья в год, которые составляют до 250 тысяч тонн цинкового и 70 тысяч тонн свинцового концентрата, становится очевидным необходимость постоянного поддержания оборудования в работоспособном состоянии путем проведения как плановых, так и внеочередных ремонтно-восстановительных работ в рамках соответствующих теротехнологий для надежного функционирования горно-обогачительного оборудования. В частности, это связано с необходимостью восстановления рабочих поверхностей цапф в период эксплуатации, имеющих в результате деградационных процессов искаженный рабочий профиль.

Таким образом, постановка задачи восстановления цапф барабанных мельниц в условиях эксплуатации плавучего горно-обогачительного комплекса представляется весьма актуальной с практической и теоретической точек зрения и требует проведения исследований и последующей разработки технических ремонтных модульных устройств для восстановления цапф барабанных мельниц совместно с ее корпусом непосредственно на месте их стояния в рамках инновационной стратегии поддержания надежности оборудования посредством теротехнологии, применение которой обеспечит снижение времени нахождения оборудования в ремонте и будет способствовать освоению месторождений цветных металлов Арктической зоны.

Список литературы

1. Бондаренко Ю.А. Технологические методы и способы восстановления работоспособности крупногабаритного промышленного оборудования без его демонтажа приставными станочными модулями: Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – Москва, 2006. – 44 с.
2. ГК Росатом. Проект "Павловское", создание на архипелаге Новая Земля горнодобывающего производственного комплекса по добыче и переработке свинцово-цинковых руд // ГК Росатом. Октябрь 2015. URL: <http://www.innov-rosatom.ru/files/articles/aad130851e21bd886f2756c9184c7308.pdf>
3. Гончаров А.Б. Комплексное обслуживание оборудования промышленных предприятий на базе создания сервисных центров / А.Б.Гончаров, А.Б. Тулинов // Промышленный сервис. 2018. № 4 (69). С. 3-8.
4. Контарь Е.С. Геолого-промышленные типы месторождений меди, цинка, свинца на урале (геологические условия размещения, история формирования, перспективы): научная монография / Департамент по недропользованию по Уральскому федеральному округу (Уралнедра). – Екатеринбург: Изд-во УГГУ, 2013. – 199 с.
5. Корогодин А.С. Восстановление цапф опорных подшипниковых узлов барабанных мельниц / А.С. Корогодин, С.Л. Иванов // Master's Journal. – 2020. – № 2. – С. 49-55.

6. Малютин Е.И. Минерально-сырьевые ресурсы Архангельской области. / Е.И. Малютин, В.Н. Ширококов // Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. – 2006. – №4. – 199 с.
7. Промышленность Архангельской области: от ресурсов к прогрессу — Бизнес России // По материалам официального портала правительства Архангельской области, сайта Корпорации развития Архангельской области, официального сайта Российской кластерной обсерватории, официального сайта Международного арктического форума «Арктика – территория диалога». Ноябрь 2017г. URL: <https://glavportal.com/materials/promyshlennost-arhangelskoj-oblasti-ot-resursov-k-progressu>
8. Roy R. at al. Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges // CIRP Annals - Manufacturing Technology. – 2016. – №2 (65). – С. 667-688.

References

1. Bondarenko Yu.A. Technological methods and methods for restoring the operability of large-sized industrial equipment without dismantling it with attached machine modules: Abstract of the thesis ... doct. of techn. sc. – Moscow, 2006. – 44 p.
2. State Corporation Rosatom. Project "Pavlovskoye", creation of a mining industrial complex for the extraction and processing of lead-zinc ores on the Novaya Zemlya archipelago // GK Rosatom. October 2015. URL: <http://www.innov-rosatom.ru/files/articles/aad130851e21bd886f2756c9184c7308.pdf>
3. Goncharov A.B. Complex servicing of equipment of industrial enterprises based on the creation of service centers / A.B. Goncharov, A.B. Tulinov // Industrial service. – 2018. – No. 4 (69). – P. 3-8.
4. Kontar E.S. Geological and industrial types of deposits of copper, zinc, lead in the Urals (geological conditions of location, history, prospects): scientific monograph / Subsoil Use Department for the Ural Federal District (Uralnedra). – Ekaterinburg: Publ. house of USMU, 2013. – 199 P.
5. Korogodin A.S. Restoration of trunnions of support bearing units of drum mills / A.S. Korogodin, S.L. Ivanov // Master's Journal. – 2020. – No. 2. – P. 49-55.
6. Malyutin E.I. Mineral and raw resources of the Arkhangelsk region / E.I. Malyutin, V.N. Shirobokov // Mineral Resources of Russia. Economics and Management. – 2006. – No. 4. – 199 p.
7. Industry of the Arkhangelsk Region: from Resources to Progress - Business of Russia // Based on the materials of the official portal of the Arkhangelsk Region government, the website of the Arkhangelsk Region Development Corporation, the official website of the International Arctic Forum «The Arctic - Territory of Dialogue». November 2017 URL: <https://glavportal.com/materials/promyshlennost-arhangelskoj-oblasti-ot-resursov-k-progressu>
8. Roy R. at al. Continuous maintenance and the future – Foundations and technological challenges // CIRP Annals - Manufacturing Technology. – 2016. – №2 (65). – С. 667-688.

Сведения об авторах:

Information about authors:

Корогодин Артур Сергеевич – аспирант, hoshemin97@mail.ru	Korogodin Artur Sergeevich – postgraduate student, hoshemin97@mail.ru
Иванов Сергей Леонидович – доктор технических наук, профессор кафедры машиностроения	Ivanov Sergey Leonidovich – doctor of technical sciences, professor of Mechanical Engineering Department
Князькина Валерия Ивановна – аспирант, knyazkina.valeriya.94@mail.ru	Knyazkina Valerya Ivanovna – postgraduate student, knyazkina.valeriya.94@mail.ru
Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Россия	Saint-Petersburg Mining University, г. Saint-Petersburg, Russia

Получена 30.11.2021