

УДК 669.052:621.926.5

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ МОКРОГО ПОМОЛА МОНОХРОМАТА НАТРИЯ

А. А. Шарапов¹, А. В. Нефедов¹,
Н. А. Чиченев², И. И. Басыров²

¹ Новотроицкий филиал НИТУ «МИСИС» (г. Новотроицк, Россия),

² НИТУ МИСИС (г. Москва, Россия)

Новотроицкий завод хромовых соединений специализируется на переработке хромитовых и доломитовых руд. При эксплуатации шаровой мельницы для измельчения мокрого помола возникали проблемы, связанные с невысокой надежностью привода, что приводило к потере работоспособности отдельных его элементов и сокращению объема производства монохромата натрия. С целью повышения надежности шаровой мельницы предложена замена действующего электропривода в связи с физическим и моральным старением на современный коническо-цилиндрический мотор-редуктор, передающий вращение барабану мельницы через зубчатую муфту. В результате удалось упростить его конструкцию и уменьшить трудоемкость технического обслуживания и ремонта, увеличен межремонтный период эксплуатации и сокращены эксплуатационные расходы. Расчеты показывают, что от реализации проектных решений снижена себестоимость одной тонны переработанной руды на 1,66 % и повышен годовой объем производства монохромата натрия на 3,99 %. Дополнительные капитальные затраты не превышают 1,8 млн руб. и окупаются менее чем за 3 мес.

Ключевые слова: обогатительное производство; процессы дробления и измельчения; шаровая мельница мокрого помола, электромеханический привод; мотор-редуктор.

На металлургических предприятиях не остаются без внимания вопросы модернизации существующего оборудования, внедрения новых передовых технологий, автоматизации управления процессами с использованием компьютерных систем, совершенствования организации труда и повышения квалификации работающего персонала [1 – 6]. Это сопровождается выявлением узких мест в работе основного технологического оборудования и накоплением данных для разработки организационных и технических мероприятий по снижению внеплановых простоев оборудования [7 – 11]. К числу важных относится проблема повышения надежности оборудования, которая решается путем модернизации или замены устаревшего оборудования [12 – 16].

В статье рассмотрены вопросы модернизации привода шаровой мельницы мокрого помола монохромата натрия Новотроицкого завода химических соединений (НЗХС) с целью повышения его надежности и увеличения производительности действующего оборудования.

НЗХС – предприятие, специализирующееся на переработке хромитовой руды [17]. Основные виды продукции технического назначения, выпускаемые предприятием: бихромат натрия, ангидрит хромовый, окись хромовая пигментная и металлургическая, феррохром низкоуглеродистый и др. Шаровая мельница в технологическом цикле производства монохромата натрия предназначена для мокрого измельчения шихты, приготовленной путем смешивания размолотой хромитовой руды с доломитом и известняком (рис. 1). На предприятие сырье доставляют железнодорожным транспортом в виде хромитовой и доломитовой руды. Поэтому в размольном отделении предусмотрены две

технологические линии: первая линия (рис. 1) предназначена для дробления и измельчения хромитовой руды; вторая – для доломитовой руды (не показана).

На рис. 1 показана схема получения раствора монохромата натрия [18]. Хромитовая и доломитовые руды поступают в первый цех размольного отделения НЗХС в открытых вагонах, которые перегружают с помощью грейферного крана на склад сырья. Затем сырье транспортируют в приемный бункер, который через лотковый питатель подает его в шековую дробилку, где происходит первое дробление крупных кусков руды. После дробления крупных кусков по конвейеру руда поступает в сушильный барабан, где материал сушат, продувая горячим воздухом до определенной степени влажности, и затем с помощью элеватора передают в промежуточный бункер, из которого она подается лотковым питателем в мельницу сухого помола, где происходит измельчение руды стальными шарами. Из шаровой мельницы материал подается на следующий элеватор. Далее руда проходит через сепаратор, где происходит отсев мелкой фракции, которая перемещается по аэрожелобу в бункер на участке подготовки шихты, а крупная фракция возвращается по возвратному желобу в барабан шаровой мельницы для повторного измельчения.

Вторая технологическая линия размольного отделения, предназначенная для дробления и измельчения доломитовой руды, функционирует аналогично (не показана).

На НЗХС применяется классическая схема получения монохромата натрия, при которой шихта получается путем смешивания размолотых хромитовой и доломитовой руд, а также с сухим шламом (рудным остатком от производства монохромата натрия). Затем

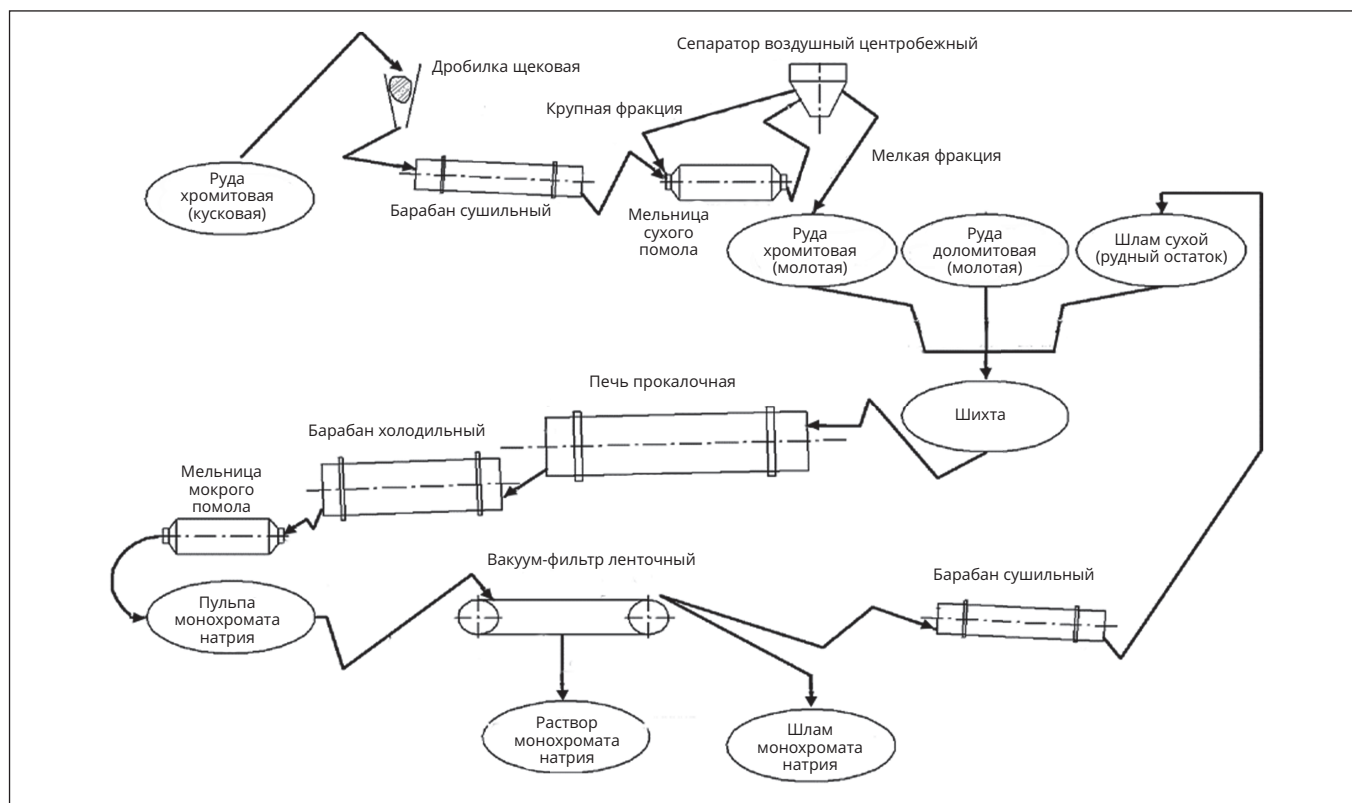


Рис. 1. Принципиальная схема получения раствора монохромата натрия

Технические характеристики мотора-редуктора К157 D315M4b

Характеристика	Значение
Мощность, кВт	200
Частота вращения на тихоходном валу, мин ⁻¹	117
Крутящий момент, Н · м	13100
Передаточное число редуктора	12,65
Диаметр выходного вала, мм	120

шихта проходит окислительную закалку в прокалочной печи, где трехвалентный хром окисляется до шестивалентного, который образует монохромат натрия. После охлаждения в холодильном барабане полученный спек измельчается в мельнице мокрого помола, из которой пульпа монохромата натрия передается на ленточный вакуум-фильтр, где раствор монохромата натрия отделяется от твердой части (шлама). Затем часть шлама через сушильный барабан возвращается на участок приготовления шихты. Далее полученный раствор монохромата натрия используется для получения бихромата натрия.

Для мокрого помола на НЗХС используется шаровая мельница МШЦ 2,1×3,0, кинематическая схема привода которой приведена на рис. 2. При эксплуатации шаровой мельницы в последнее время возникали проблемы, связанные с невысокой надежностью привода, что часто приводило к потере работоспособности отдельных его элементов. Это отражается на стабильности работы оборудования и приводит к со-

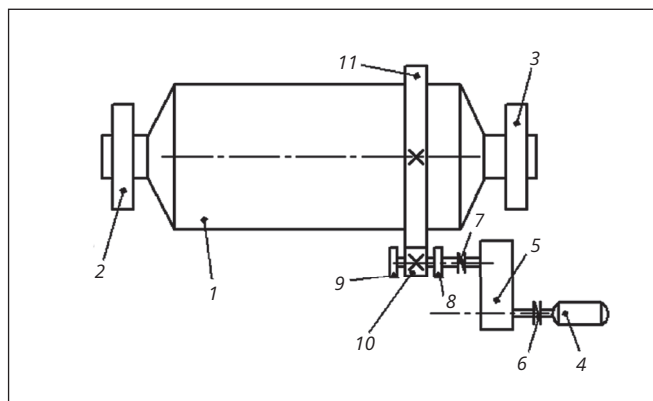


Рис. 2. Кинематическая схема шаровой мельницы МШЦ 2,1×3,0: 1 – барабан мельницы; 2 и 3 – подшипниковые опоры барабана; 4 – электродвигатель; 5 – редуктор; 6 – муфта упругая; 7 – муфта зубчатая; 8 и 9 – подшипниковые опоры вала-шестерни; 10 – вал-шестерня; 11 – зубчатый венец

кращению объема производства монохромата натрия из-за непредвиденных остановок. В связи с физическим и моральным старением привода возникла необходимость его замены для обеспечения бесперебойной работы мельницы.

Полученные результаты. С целью повышения надежности шаровой мельницы предложена замена действующего электропривода, включающего электродвигатель устаревшей серии и специальный редуктор, на современный коническо-цилиндрический мотор-редуктор, передающий вращение барабану мельницы через зубчатую муфту. При выборе мотора-редуктора исходили из технических характеристик существующего привода: мощность привода – 200 кВт, частота

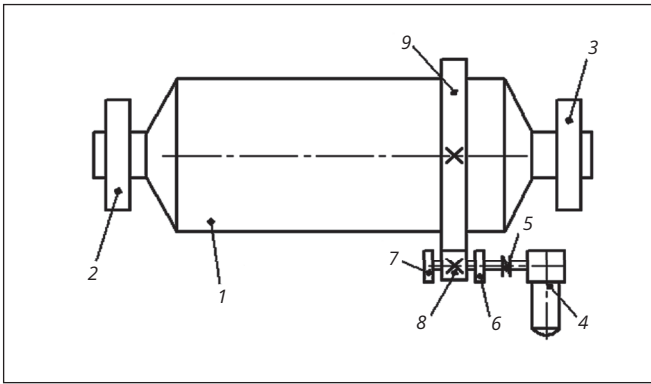


Рис. 3. Кинематическая схема модернизированной мельницы МШЦ 2,1×3,0: 1 – барабан; 2 и 3 – подшипниковые опоры барабана; 4 – мотор-редуктор; 5 – муфта; 6 и 7 – подшипниковые опоры вала-шестерни; 8 – вал-шестерня; 9 – зубчатый венец

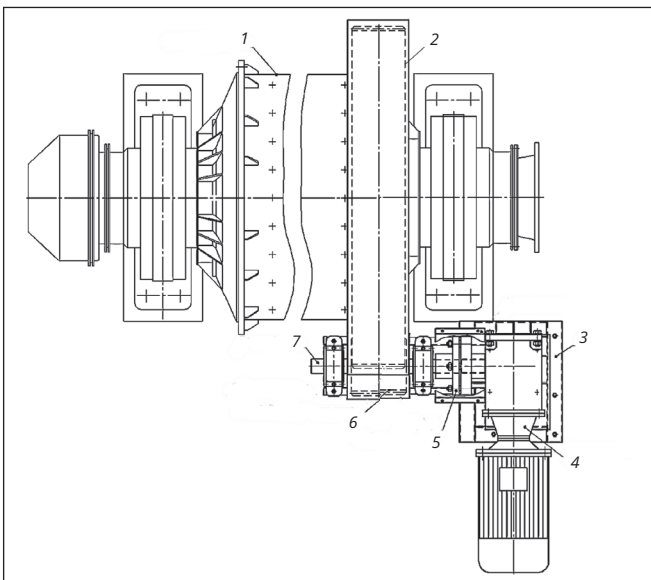


Рис. 4. Шаровая мельница МШЦ 2,1×3,0 после модернизации: 1 – барабан; 2 – зубчатое колесо; 3 – рама; 4 – мотор-редуктор; 5 – зубчатая муфта; 6 – зубчатая шестерня; 7 – приводной вал

вращения вала-шестерни открытой зубчатой передачи – 112 мин^{-1} . По каталогу компании ООО «ТПК «ТЕХПРИВОД» принимаем трехступенчатый мотор-редуктор K157D315M4b, технические характеристики которого приведены в таблице [19].

Кинематическая схема предлагаемого привода шаровой мельницы мокрого помола приведена на рис. 3.

Привод смонтирован на раме, представляющей собой сварную листовую металлоконструкцию. Общий вид приводной части трубчатой шаровой мельницы СММ2061 после модернизации показан на рис. 4. Для соединения трансмиссионного вала между выходным валом мотора-редуктора и приводным валом мельницы используется зубчатая муфта общемашиностроительного назначения.

Согласно ГОСТ Р 50895–96 зубчатую муфту выбирают по наибольшему диаметру концов соединяемых валов и затем проверяют прочность муфты [20]. По диаметру выходного вала мотора-редуктора $d_{\text{вых}} = 120$

мм (см. таблицу) выбираем зубчатую муфту типа 1 с номинальным крутящим моментом $T_{\text{кр}} = 16000 \text{ кН} \cdot \text{м}$, диаметром посадочных отверстий 120 мм, с втулками исполнения 1, климатического исполнения У, категории 2 «Муфта 1-16000-120-1У2 ГОСТ Р 50895–96». Наибольший на соединяемых валах крутящий момент, создаваемый мотором-редуктором равен $T_{\text{раб}} = 13100 \text{ Н} \cdot \text{м}$, и поэтому прочность муфты обеспечена.

Для оценки экономической эффективности от внедрения модернизированного привода шаровой мельницы мокрого помола составлена смета капитальных затрат, в результате чего установлено, что сумма капитальных вложений с учетом дополнительных затрат на закупку и монтаж нового оборудования составляет около 1,8 млн руб. Экономический эффект, ожидаемый от внедрения нового привода, связан с сокращением времени, необходимого на проведение капитальных и текущих ремонтов, что привело к увеличению производительности шаровой мельницы на 1016 т/год. Предлагаемое мероприятие по модернизации привода позволит снизить себестоимость одной тонны переработанной руды на 1,66 % и повысить годовой объем производства монокромата натрия на 3,99 %. Затраты на внедрение предлагаемого устройства окупаются менее чем через 3 мес с начала эксплуатации внедренного устройства. Данные показатели доказывают экономическую эффективность разработанного проекта.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате модернизации привода шаровой мельницы мокрого помола монокромата натрия удалось упростить его конструкцию и уменьшить трудоемкость технического обслуживания и ремонта. Замена существующего привода, включающего электродвигатель, две муфты и редуктор, на новый привод, который состоит из мотора-редуктора и зубчатой муфты, позволяет увеличить межремонтный период эксплуатации и тем самым снизить эксплуатационные расходы. Расчеты показывают, что реализация проектных решений приводит к снижению себестоимости одной тонны переработанной руды на 1,66 % и повышению годового объема производства монокромата натрия на 3,99 %. Дополнительные капитальные затраты не превышают 1,8 млн руб. и окупаются менее чем за 3 мес.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ефремов Д.Б., Степанов В.М., Чиченева О.Н. Модернизация механизма быстрого отжима валков прокатной клетки дуо стана 2800 АО «Уральская Сталь» // Сталь. 2020. № 8. С. 44 – 47.
2. Нефедов А.В., Свичкарь В.В., Чиченева О.Н. Реинжиниринг скипового подъемника для загрузки печи литейного отделения ЗАО «РИФАР» // Сталь. 2020. № 7. С. 50 – 53.
3. Romyantsev M.I. Some approaches to improve the resource efficiency of production of flat rolled steel // CIS Iron and Steel Review. 2016. № 2. P. 32 – 36.
4. Нефедов А.В., Танчук А.В., Чиченев Н.А. Модернизация привода опрокидывателя рудных вагонеток Донского ГОК АО «ТНК Казхром» // Горный журнал. 2022. № 8. С. 52 – 56.

5. Bardovskiy A.D., Gorbatyuk S.M., Keropyan A.M., Bibikov P.Yu. Assessing Parameters of the Accelerator Disk of a Centrifugal Mill Taking into Account Features of Particle Motion on the Disk Surface // Journal of Friction and Wear. 2018. Vol. 39. Iss. 4. P. 326 – 329.
6. Bazhin V.Yu., Glazev M.V. Refractory materials of metallurgical furnaces with the addition of silicon production waste // Non-ferrous Metals. 2022. № 1. P. 32 – 39.
7. Yurshev V.I., Boyko S.V., Kirilenko A.S., Yurshev I.V. Optimization of VK10-NOM cemented carbide mixture pressing modes // Non-ferrous Metals. 2023. № 2. P. 57 – 65.
8. Горбатюк С.М., Морозова И.Г., Наумова М.Г. Разработка рабочей модели процесса реиндустриализации производства термической обработки штамповых сталей // Изв. вузов. Черная металлургия. 2017. Т. 60. № 5. С. 410 – 415.
9. Бардовский А.Д., Герасимова А.А. Анализ приводного механизма пилы с попеременным в обе стороны движением гибкого режущего органа // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2019. № 7. С. 132 – 139.
10. Zinyagin A.G. Use of machine learning methods for determination of the boundary conditions coefficients in a FEM task for the case of accelerated cooling of hot-rolled sheet metal // CIS Iron and Steel Review. Vol. 25 (2023). P. 58 – 66.
11. Чуг Е.В., Шешенин И.Г., Морозова И.Г., Наумова М.Г. Совершенствование технологии производства литых заготовок для лопаток ГТД // Металлург. 2023. № 12. С. 115 – 119.
12. Nefedov A.V., Svichkar V.V., Chicheneva O.N. Re-engineering of Equipment to Feed the Melting Furnace with Aluminum Charge // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2021. P. 1198 – 1204.
13. Bardovsky A.D., Gerasimova A.A., Basyrov I.I. Study of Oscillating Process of Harp Screens // Proceedings of the 4th International Conference on Industrial Engineering. ICIE 2018. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2019. P. 133 – 139.
14. Бардовский А.Д., Горбатюк С.М., Керопян А.М., Бибииков П.Я. Оценка параметров разгонных дисков центробежной мельницы с учетом характера движения частиц материала по их рабочим поверхностям // Трение и износ. 2018. Т. 39. № 4. С. 409 – 414.
15. Махкамбаев С.Б., Чиченев Н.А. Разработка гидравлического привода зажима рамного фильтр-пресса кадмиевого цеха АО АГМК // Горный журнал. 2021. № 8. С. 48 – 51.
16. Albagachiev A.Y., Keropyan A.M., Gerasimova A.A., Kobelev O.A. Determination of rational friction temperature in lengthwise rolling // CIS Iron and Steel Review. 2020. 19. P. 33 – 36.
17. Акционерное общество «Новотроицкий завод хромовых соединений» <http://nzhs.ru/?ysclid=lvp97ws5up662137367> (дата обращения 09.08.2024).
18. ИТС 19-2016. Информационно-технический справочник по наилучшим доступным технологиям. Производство твердых и других неорганических химических веществ. <https://e-ecolog.ru/docs/13PzDYp2AiSWMqcy-06js/full> (дата обращения 09.08.2024).
19. Коническо-цилиндрический мотор-редуктор K157. <https://tehprivod.su/katalog/motor-reduktory/konicheskocilindricheskie-motor-reduktory/seriya-k/157.html>. (дата обращения 09.08.2024).
20. ГОСТ Р 50895–96. Муфты зубчатые. Технические условия. – М.: Стандартиформ, 2010. – 19 с.

Статья поступила 02.09.2024