

Модернизация помольного оборудования с заменой редукторов

РЕФЕРАТ. В статье описан перевод завода компании ОАО Холсим (Рус) СМ на сухой способ производства. В частности, было модернизировано помольное оборудование и установлены новые редукторы шаровых цементных мельниц взамен устаревших и изношенных. Проведенная модернизация повысила эффективность производства в целом и помогла снизить затраты на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования нового завода.

Ключевые слова: цементная шаровая мельница, редуктор, модернизация.

Keywords: cement ball mill, gear, upgrade.

Введение

В цементной промышленности России по-прежнему доминирует мокрый способ производства портландцемента. Перевод предприятия на сухой способ производства сопряжен со значительными инвестициями, однако он является наиболее экономически выгодным.

С увеличением расходов на электроэнергию и растущим потенциалом рынка все больше производителей начинают задумываться о модернизации своих производственных мощностей. Одним из примеров успешного перехода на сухой способ производства является цементный завод ОАО Холсим (Рус) СМ (ранее — ОАО «Щуровский цемент»), находящийся в Коломне примерно в 85 км от Москвы. Завод построен в 1870 году немецким предпринимателем Эмилем Липгартом и является одним из старейших предприятий России. Кроме того, этот завод является единственным в России производителем белого цемента.

В марте 2007 года компания Holcim (Швейцария) приняла решение полностью модернизировать завод в Щурово. На тот момент на

нем функционировали две линии по производству серого цемента с максимальной суммарной производительностью около 1,3 млн т в год. Главным поставщиком оборудования и инжиниринга выступала датская компания FLSmidth. Переход с мокрого на сухой способ потребовал от Holcim инвестиций в размере EUR 550 млн и замены старых «мокрых» печей, построенных в 1975—1976 годах, производительностью 1600 т/сут клинкера на одну новую печь производительностью 5500 т/сут с циклонным теплообменником и клинкерным холодильником. Были установлены новые силосы, сырьевая мельница ATOX с соответствующим оборудованием транспортировки и хранения, современные системы аспирации и фильтрации, экологического контроля, автоматизации. Чтобы провести модернизацию, было заменено около 80 % основного оборудования производственной линии портландцемента.

Проект является типовым для группы компаний Holcim, он прошел неоднократную проверку на надежность и эффективность в других странах. Это первый комплексный проект Holcim в России, ранее проводились

лишь частичные реконструкции. Для реализации проекта и его адаптации к российским условиям было проведено множество специальных расчетов и экспертиз.

Строительные работы на заводе начались во II квартале 2008 года, а в 2011 году была торжественно открыта модернизированная производственная линия, оборудованная по последнему слову техники. Сегодня завод с новой технологической линией годовой мощностью в 2,1 млн т серого цемента является одним из самых крупных предприятий Holcim в Восточной Европе. В первую очередь ОАО Холсим (Рус) СМ обслуживает растущий рынок Москвы, куда направляется примерно треть всего объема инвестиций в строительство в стране.

Модернизация помольного оборудования

Основное внимание при модернизации уделялось повышению безопасности, уменьшению воздействия на окружающую среду, повышению энергоэффективности и надежности помольного оборудования. В ходе модернизации заменены редукторы на четырех шаровых мельницах размерами $\varnothing 4,0 \times 13,5$ м.

До модернизации на предприятии в технологическом процессе использовались четыре горизонтальные шаровые трубные мельницы размерами $\varnothing 4 \times 13,5$ м, расположенные в едином цехе помола: две — для предварительного помола сырья и две — для помола цемента. При переходе на сухой способ производства для помола сырья была установлена новая вертикальная мельница компании FLSmidth типа ATOX. Так как мельницы размерами $\varnothing 4 \times 13,5$ м имеют высокую производительность и минимальные удельные расходы электроэнергии среди шаровых мельниц всех типоразмеров, после модернизации две



Рис. 1. Передний план: старый привод цементной мельницы, задний план: новый привод с редуктором CPU



Рис. 2. Выравнивание тихоходной муфты

сырьевые мельницы были сохранены и стали использоваться для помола цемента.

Для замены старых редукторных приводов теперь уже четырех цементных мельниц Холсим (Рус) СМ выбрала компанию FLSmidth MAAG Gear AG, редукторы которой хорошо известны благодаря своей высокой надежности. До этой замены на двух сырьевых и на одной цементной мельницах были установлены редукторы А-3600, произведенные компанией «Волгоцеммаш» в 1975 г на основе редукторной конструкции «Symetro», разработанной фирмой FLSmidth еще в 1926 году. На второй цементной мельнице был установлен планетарный редуктор типа CPU-30, также изготовленный «Волгоцеммаш» в 1986 году по лицензии 1979 года, выданной компанией MAAG Zahnräder (в настоящее время — FLSmidth MAAG Gear).

К моменту замены редукторы отработали от 25 до 35 лет и были в неудовлетворительном состоянии: наблюдался значительный износ валов, зубчатых колес, подшипников, деформация корпусов, также была отмечена высокая вибрация и утечки масла. Из-за такого состояния оборудованию часто требовался ремонт, в том числе и экстренный, сопряженный с внеплановым простоем оборудования. Принимая во внимание то, что потери от невыпуска продукции одной цементной мельницей в течение 12—14 сут из-за внезапных поломок соответствуют стоимости нового редукторного привода, решение о замене старых приводов было полностью экономически обоснованным. Существенную статью затрат составляла закупка запасных частей для старых редукторов с измененной геометрией корпусных деталей, неидеальной смазкой, повышенным износом при контакте новых шестерен со старыми, а также с подшипниками, не соответствующими современным требованиям редукторостроения. Все это не позволяло соблюсти нормативный срок службы оборудования.

Компанией Холсим (Рус) СМ была проведена серьезная работа по унификации оборудования на предприятии, в том числе и в отделении помола. На всех четырех мельницах размерами $\varnothing 4 \times 13,5$ м были заменены корпусы; также были заменены два электродвигателя. Все четыре старых редуктора заменены на новые одинаковые редукторы MAAG типа CPU-22/B (рис. 1). Обнаруженные несоответствия в расстоянии между валами электродвигателя и мельницы для некоторых приводов были устранены путем перемещения электродвигателей, что позволило использовать одинаковые быстроходную и тихоходную муфты и промежуточный вал. Это также позволило снизить число требуемых запчастей и затраты на них, поскольку для замены существующих приводов были заказаны четыре одинаковых унифицированных комплекта.

Двухступенчатые планетарные редукторы MAAG типа CPU хорошо известны в цементной промышленности. Они были разработаны в 1966 году компанией MAAG Zahnräder AG в Цюрихе, Швейцария, и состоят из двух последовательно соединенных соосных планетарных ступеней, каждая с солнечной шестерней, тремя сателлитами, вращающимся водилом и неподвижной короной. Корона изготавливается из термообработанной стали, шестерни и сателлиты — из легированной закаленной стали. Поверхность зубьев отшлифована на прецизионных станках и имеет модификацию по профилю и длине, чем обеспечивается идеальный контакт зубьев при реальных рабочих условиях работы редуктора. Каждая планетарная ступень имеет собственный корпус. Ступени могут относительно легко разъединяться для проведения технического обслуживания. Внутри редуктора ступени соединяются между собой внутренней зубчатой муфтой, которая гарантирует передачу мощности от первой ступени ко второй с компенсацией осевых сил. Использование высокотехнологичных подшипников скольжения из специального баббито-

вого сплава, которые практически не подвержены износу, делает редукторы CPU очень надежными и простыми в обслуживании. Благодаря высокой удельной мощности и повышенной энергоэффективности редукторы CPU способны передавать больше энергии и занимают меньше места на площадке, снижают нагрузку на фундамент, уменьшают необходимый пусковой момент. Только за счет более высокого КПД (около 99 % против приблизительно 87—89 % у А-3600) экономится как минимум 10 % электроэнергии на помол или увеличивается производительность мельницы при неизменных затратах электроэнергии.

В комплекте с редукторами были поставлены тихоходные зубчатые муфты (проединение) типа ZCF-22, устанавливаемые между редуктором и мельницей. Конструкция ZCF позволяет сочетать высокую степень свободы с эффективной передачей крутящего момента. Термическое расширение и механические отклонения, возникающие в ходе работы мельницы, безопасно нивелируются муфтой ZCF, и на мельницу через торсионный вал передается только сам крутящий момент. По отдельному заказу муфты ZCF могут комплектоваться системой подачи воды в мельницу. Длина муфт ZCF-22 для данного проекта была принята равной 5980 мм — такой же, как и для лицензионных планетарных редукторов, использовавшихся ранее по проекту «Волгоцеммаш», что исключило необходимость перемещения уже имеющегося главного электродвигателя.

В качестве быстроходных муфт использовались зубчатые муфты ZEXF-9J с расстоянием между концами валов 653 мм, специально разработанные FLSmidth MAAG Gear AG для равномерного распределения нагрузки между сателлитами первой ступени. Конструкция муфты позволяет легко разобрать часть барабана муфты, что позволяет перемещать первую планетарную ступень в сторону двигателя для проведения техобслуживания, не перемещая при этом сам электродвигатель.



Рис. 3. Установка редуктора MAAG типа CPU-22/B на фундамент



Рис. 4. Новый электродвигатель, подготовленный для установки на фундамент

С целью снизить затраты на оборудование было решено сохранить редко используемые и поэтому практически неизношенные вспомогательные приводы, присоединяемые к оппозитному концу вала главного электродвигателя.

Замена редукторов

Основная деятельность по замене редуктора начинается с рассмотрения вопроса о размещении нового редуктора на производственной площадке. В зависимости от реальной ситуации на предприятии (от того, какие редукторы были установлены и в каком состоянии находится фундамент) возможны несколько вариантов адаптации фундамента.

Например, в случае, когда адаптация не требуется, новый редуктор устанавливается на имеющийся фундамент. Это возможно, например, при замене лицензионного планетарного редуктора CPU-30 на новый CPU-22/B производства FLSmidth MAAG Gear AG, так как расстояние между отверстиями под новые анкерные болты на редукторах CPU-22/B и CPU-30 одинаковы.

Возможен вариант с минимальной адаптацией фундамента. В этом случае используется переходная фундаментная рама или плита. Переходная рама крепится к старым анкерным болтам, а на нее устанавливается стандартный редуктор CPU.

В некоторых случаях может потребоваться полное изменение фундамента для установки нового редуктора.

Проведенные исследования имеющихся фундаментов на ОАО Холсим (Рус) СМ показали, что они находятся в неудовлетворительном состоянии. Поэтому было решено провести частичный ремонт фундамента, несмотря на возможность заменить лицензионный планетарный редуктор CPU-30 без изменения фундамента и установки новых редукторов вместо редукторов А-3600 на имеющийся фундамент лишь с минимальной его адаптацией. Фундаментные работы не входят

в комплект поставки производителя редукторов, поэтому их организовывала и проводила компания Холсим (Рус) СМ с привлечением подрядных организаций.

По завершению подготовки фундаментов началось выполнение главной операции замены. Сначала к фланцу мельницы присоединили переходный фланец, поставленный MAAG и изготовленный в соответствии с предоставленным заказчиком чертежом выходного фланца мельницы. Переходной фланец имел предварительно просверленные 24 отверстия $\varnothing 60$ мм, которые уже в цехе помола были расточены до $\varnothing 62$ мм совместно с фланцем мельницы. Новые прецизионные болты $\varnothing 62$ мм для соединения переходного фланца с фланцем мельницы также входили в комплект поставки MAAG.

Далее переходной фланец соединили с тихоходной муфтой ZCF-22 с промежуточным валом (рис. 2). После соединения выходной муфты с фланцем мельницы и временной центровки, редуктор CPU-22/B предварительно закрепили на фундаменте (рис. 3).

После соединения редуктора с тихоходной муфтой окончательно центрировали редуктор и мельницу. После выверки редуктора необходимо было окончательно зафиксировать его на фундаменте. Чтобы сократить потери средств из-за простоя оборудования приводы горизонтальных мельниц заменили зимой — в сезон наименьшего спроса на цемент. Чтобы в холодный зимний период гарантировать оптимальную подливку бетоном редуктора, необходимо было подогреть фундамент и раствор. Для финальной подливки и фиксации редуктора на фундаменте использовался эпоксидно-цементный раствор «Сикадур», имеющий прекрасную адгезию к бетону и высокую прочность. Затем была установлена быстроходная зубчатая муфта MAAG типа ZEXF-9J и выполнено центрирование двигателя (рис. 4).

После выравнивания, фиксации и заливки редуктора установили систему смазки и

подвели соответствующие трубопроводы, а перед пуском оборудования проверили работоспособность этой системы. Система смазки FLSmidth MAAG Gear AG для российских клиентов всегда оснащается нагревательным устройством для обеспечения надлежащего пуска редуктора даже в холодное время года. В зависимости от колебаний температуры окружающей среды в течение года для районов с наиболее холодным климатом могут устанавливаться дополнительные нагреватели. Кроме того, система смазки снабжается маслоохладителем, параметры которого также выбираются исходя из температурных условий региона, где располагается цементный завод. Маслостанция по требованию заказчика может оснащаться двумя маслонасосами, один из которых находится в резерве в режиме горячего пуска.

После выполнения всех описанных действий оставались последние шаги — тестирование работоспособности системы контроля состояния и окончательное выравнивание двигателя и редуктора. Затем были проведены испытания редуктора под нагрузкой: он проработал непрерывно в течение 24 ч при нагрузке не менее 80 %, после чего были измерены основные параметры системы. Все работы по монтажу редукторов выполнялись под надзором высококвалифицированных сервисных специалистов FLSmidth MAAG Gear AG.

В соответствии с графиком модернизации и загрузки цементных мельниц на ОАО Холсим (Рус) СМ в течение трех лет, с 2010 по 2012 год, были заменены все четыре старых редуктора (рис. 5 и 6).

Заключение

В ходе основных работ по модернизации линии производства портландцемента на ОАО Холсим (Рус) СМ, длившихся четыре года, заменено 80 % основного оборудования. От владельца предприятия потребовались огромные инвестиции, но переход с мокрого на



Рис. 5. Новый редуктор MAAG типа CPU-22/B



Рис. 6. Новый привод с редуктором типа CPU-22/B

сухой способ принес большие преимущества. Затраты электроэнергии снизились на 39,3 % (до модернизации, в 2005—2007 годах, они составляли 5931 МДж на 1 т клинкера, а после нее — 3600 МДж).

В процессе перевода предприятия с мокрого на сухой способ производства необходимо было рассмотреть вопрос о замене старых редукторов шаровых мельниц для достижения большей энергоэффективности. В случае ОАО Холсим (Рус) СМ четыре старых ненадежных редуктора были заменены на новые унифицированные современные высокоэнергоэффективные редукторы.

Новые редукторы MAAG зарекомендовали себя как надежное оборудование, что дает уверенность в стабильной работе мельниц без чрезмерного износа или внеплановых простоев из-за поломок. Система датчиков контролирует состояние редукторов и помогает проводить постоянный мониторинг их работы. Система контроля способна своевременно проинформировать о необычной вибрации машины, изменении температуры или давления в системе. Система аварийной остановки оборудования с предусмотренными определенными за-

держками в останове различных систем (например, системы подачи масла) гарантирует безопасность работы редуктора в целом и позволяет избежать увеличения износа, чем повышается и без того весьма значительный срок службы редукторов MAAG.

Результатом модернизации стало не только повышение энергоэффективности производства цемента, но также снижение затрат на эксплуатацию и техническое обслуживание оборудования и повышение надежности всего цементного производства.