

УДК 669.162.266:66.046.8

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПРИВОДА АВТОКЛАВА ДОМЕННОГО ЦЕХА ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЖИДКОГО СТЕКЛА

В. В. Грачев¹, И. В. Котов¹,
А. В. Нефедов¹, Н. А. Чиченев²

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

² НИТУ МИСИС (г. Москва, Россия)

В результате анализа работоспособности автоклава для приготовления жидкого стекла, необходимого для футеровки чугуновых ковшей доменного цеха, установлено, что в процессе длительной эксплуатации происходят отказы отдельных устройств, которые приводят к unplanned простоям оборудования для варки жидкого стекла и, как следствие, к нарушению графика выполнения футеровок ковшей и задержке поставок чугуна для нужд электросталеплавильного цеха. Вместо электромеханического привода, включающего электродвигатель и редуктор, предложено применить мотор-редуктор, который будет иметь более высокие показатели работоспособности и обеспечит эффективную работу агрегата при выполнении производственных процессов. Расчеты показывают, что реализация проектных решений приводит к снижению себестоимости продукции на 0,02 %, увеличению рентабельности производства на 0,11 % и повышению прибыли от реализации на 0,09 %. Дополнительные капитальные затраты не превышают 0,5 млн руб. и окупаются менее чем за 3 месяца.

Ключевые слова: доменное производство; футеровка чугуновых ковшей; жидкое стекло; автоклав; электромеханический привод; мотор-редуктор.

В последнее время надежность технических систем приобретает все более важное значение и для металлургических машин и оборудования становится одной из основных научно-технических проблем [1 – 4]. Недостаточная надежность технологических машин и входящих в них элементов и устройств приводит к значительному повышению расходов на их техническое обслуживание и существенному снижению производительности металлургического производства. Повышение требований к качеству технологических машин и оборудования в целях снижения материальных, трудовых и финансовых затрат на техническое обслуживание и ремонт приводит к необходимости модернизации и реконструкции оборудования [5 – 9]. При этом большое внимание уделяется реинжини-

рингу оборудования горно-металлургического производства [10 – 13].

В статье рассмотрены вопросы модернизации привода автоклава для приготовления жидкого стекла, необходимого для футеровки чугуновых ковшей доменного цеха.

Для осуществления технологического процесса приготовления жидкого стекла, необходимого для футеровки чугуновых ковшей, в доменном цехе предусмотрен соответствующий участок, примерная схема которого приведена на рис. 1. На территории участка располагается помещение 2, в котором установлен автоклав 3. С помощью грузоподъемного механизма (мостового или грейферного крана) в бункер 1 подается исходное сырье (силикат натрия или силикатная глыба). Заданная порция силикат-глыбы из бункера 1 поступает непосредственно в горловину автоклава 3 через бункерный затвор, который открывается с помощью электромеханического привода. В доменном производстве наиболее распространены автоклавы вращающегося типа [14].

Процесс производства жидкого натриевого стекла во вращающемся автоклаве заключается в следующем. После подачи силикат-глыбы в автоклав через грузочный люк в целях экономии энергии и уменьшения времени автоклавной обработки в установку подается горячая вода с температурой 60 °С. По окончании загрузки автоклава его люк закрывают болтами и начинают процесс варки. Для этого в автоклав подают перегретый (острый) пар под давлением 1,0 МПа и включают механизм вращения автоклава. После достижения давления в автоклаве 0,75 МПа подачу пара прекращают, далее процесс идет за счет тепла реакции и периодической подпитки паром. По окончании процесса варки проводится слив жидкого стекла.

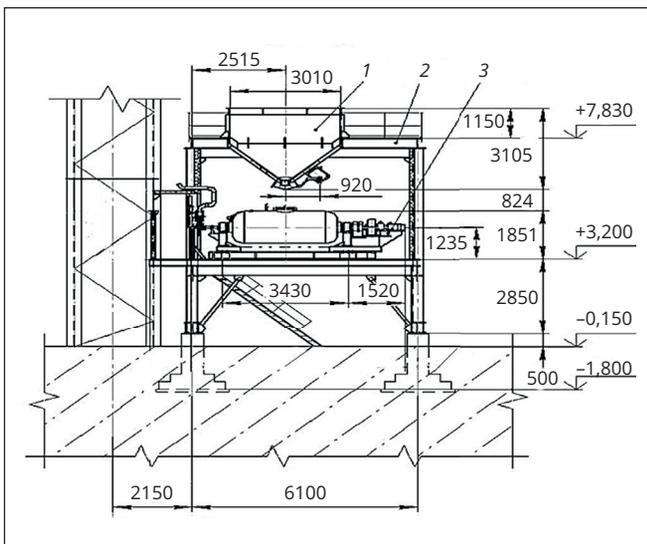


Рис. 1. Участок приготовления жидкого стекла: 1 – бункер; 2 – помещение; 3 – автоклав

Технические характеристики автоклавов компании «Оригинал Трейд»

Тип аппарата	АВГ-2	АВГ-3,2	АВГ-6,3
Объем, м ³	2	3,2	6,3
Производительность, т/сут, не более	12	18	36
Масса, кг	3390	4000	7300
Габаритные размеры, мм	5185×1500×1830	6135×1500×1830	6780×2050×2250
Энергоемкость, кВт/ч	7,5	7,5	15

Для этого прекращают подачу пара, а жидкое стекло за счет остаточного давления перемещается в промежуточную емкость, из которой оно направляется в отстойник, где происходит осаждение механических примесей. Паровоздушная смесь, сопровождающая раствор жидкого стекла, удаляется в атмосферу через ловушку, где происходит расширение паровоздушной смеси с улавливанием брызг. Окончание выпуска жидкого стекла определяется быстрым падением давления в автоклаве, измеряемого манометром. Для определения плотности и силикатного модуля раствора жидкого стекла из емкости отбирается проба.

Компания «Оригинал Трейд» для варки жидкого стекла выпускает АВГ (автоклавы горизонтальные вращающиеся) трех типов АВГ-2,0; АВГ-3,2; АВГ-6,3 (цифрами в названии указан рабочий объем аппарата в м³). Технические характеристики автоклавов компании «Оригинал Трейд» приведены в таблице [15] для следующих показателей: рабочее давление – 0,6 МПа (6 кгс/см²); температура рабочей среды – 475 К (200 °С); схема загрузки/выгрузки – через люк; теплоноситель – перегретый пар.

Кинематическая схема существующего привода вращения автоклава приведена на рис. 2; мощность привода – 7,5 кВт; частота вращения выходного вала – 9,7 мин⁻¹.

В процессе эксплуатации вследствие физического старения элементов привода происходят отказы отдельных устройств, что приводит к непланируемым простоям оборудования для варки жидкого стекла и, как следствие, к нарушению графика выполнения футеровок ковшей и задержке поставок чугуна для нужд электросталеплавильного цеха. Для устранения отмеченных недостатков предлагается провести замену привода вращения автоклава на новый более надежный, что поможет избежать ремонтных простоев автоклава, вызванных низкой надежностью отдельных узлов. Вместо электромеханического привода, включающего электродвигатель и редуктор, решено применить мотор-редуктор, который будет иметь более высокие показатели работоспособности и обеспечит эффективную работу агрегата при выполнении производственных процессов.

Кинематическая схема модернизированного привода вращения автоклава приведена на рис. 3, в котором применен мотор-редуктор типа F127DV132ML4, имеющий следующие технические характеристики: мощность – 9,2 кВт; частота вращения вала электродвигателя – 1486 мин⁻¹; частота вращения тихоходного вала – 13 мин⁻¹; крутящий момент на тихоходном

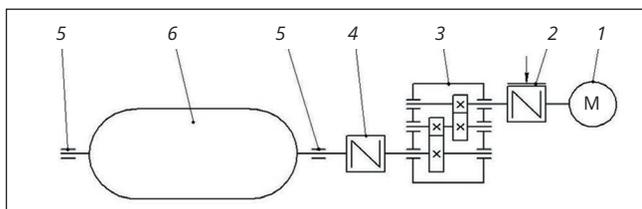


Рис. 2. Кинематическая схема привода вращения автоклава до модернизации: 1 – электродвигатель; 2 – муфта с тормозом; 3 – редуктор; 4 – муфта; 5 – подшипниковые узлы; 6 – автоклав

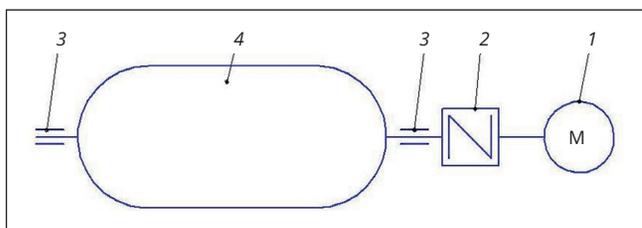


Рис. 3. Кинематическая схема привода вращения автоклава после модернизации: 1 – мотор-редуктор; 2 – зубчатая муфта; 3 – подшипниковые узлы; 4 – автоклав

валу – 6,98 кН · м; передаточное число редуктора – 114,34; диаметр выходного вала – 100 мм [16].

Согласно ГОСТ Р 50895–96 зубчатую муфту выбирают по наибольшему диаметру концов соединяемых валов и затем проверяют прочность муфты [17]. По диаметру выходного вала мотор-редуктора $d_{\text{вых}} = 100$ мм выбираем зубчатую муфту типа 1 с номинальным крутящим моментом $T_{\text{кр}} = 10000$ кН · м, диаметром посадочных отверстий 100 мм, с втулками исполнения 1, климатического исполнения У, категории 2 «Муфта 1-10000-100-1У2 ГОСТ Р 50895–96». Наибольший на соединяемых валах крутящий момент, создаваемый мотор-редуктором, равен $T_{\text{раб}} = 6980$ Н · м, поэтому прочности муфты достаточно.

Для оценки экономической эффективности от внедрения модернизированного привода вращения автоклава составлена смета капитальных затрат, в результате чего установлено, что сумма капитальных вложений с учетом дополнительных затрат на закупку и монтаж нового оборудования составляет около 0,5 млн руб. Основной экономический эффект, ожидаемый от внедрения нового привода, связан с сокращением времени, необходимого на проведение капитальных и текущих ремонтов, на 42 ч в год. Предлагаемое мероприятие по модернизации привода позволит снизить себестоимость продукции на 0,02 %, повысить рентабельность производства на 0,11 % и прибыль от реализации на 0,09 %, что при существующем объ-

еме производства обеспечит значительный экономический эффект. 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 автоклава для приготовления жидкого стекла, необходимого для футеровки чугунных ковшей, удалось упростить его конструкцию и уменьшить трудоемкость технического обслуживания и ремонта на 42 ч в год. Замена старого привода, включающего электродвигатель, две муфты и двухступенчатый цилиндрический редуктор, на новый привод, который состоит из мотор-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 продукции на 0,02 %, увеличению рентабельности производства на 0,11 % и повышению прибыли от реализации на 0,09 %. Дополнительные капитальные затраты не превышают 0,5 млн руб. и окупаются менее чем за 3 месяца.

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., Свичкар В.В., Чиченева О.Н. Реинжиниринг скипового подъемника для загрузки печи литейного отделения ЗАО «РИФАР» // Сталь. 2020. № 7. С. 50 – 53.
3. Нефедов А.В., Китанов А.А., Чиченев Н.А. Реинжиниринг роликовой закалочной машины листопрокатного цеха АО «Уральская Сталь» // Черные металлы. 2022. № 3. С. 22 – 26.
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.Ya. 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. No. 1. P. 32 – 39.
7. Жильцов А.П., Вишневский Д.А., Козачишен В.А., Бочаров А.В. Разработка алгоритма и компьютерной программы для расчета надежности оборудования и производственного риска в металлургической отрасли // Черные металлы. 2018. № 11. С. 27 – 33.
8. Горбатюк С.М., Зарапин А.Ю., Чиченев Н.А. Модернизация вибрационного грохота горнорудного общества «Каток» (Ангола) // ГИАБ. 2018. № 1. С. 143 – 149.
9. 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.
10. Еронько С.П., Горбатюк С.М., Ошовская Е.В., Стародубцев Б.И. Разработка автоматической системы газодинамической отсечки конечного шлака для конвертера с вращающимся корпусом // Изв. вузов. Черная металлургия. 2017. № 11. С. 863 – 869.
11. Нефедов А.В., Новикова Ю.В., Чиченева О.Н. Манипулятор для подачи короба с жидким раствором для ремонта чугуновозных ковшей в доменном цехе АО «Уральская Сталь» // Черные металлы. 2021. № 9. С. 4 – 9.
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. Чиченев Н.А. Реинжиниринг устройства для центрирования сляба в клетки обжимного стана // Металлург. 2018. № 7. С. 76 – 80.
14. Корнеев В.И., Данилов В.В. Жидкое и растворимое стекло: производственное издание. – СПб : Стройиздат, 1996. – 216 с.
15. Автоклавы для варки жидкого стекла типа АВГ. <https://original-trade.com/sosudy-apparaty/avtoklav/avtoklav-tupikovy/355-avtoklavy-dlya-varki-gidkogo-stekla> (дата обращения 13.05.2024 г.).
16. Цилиндрические плоские мотор-редукторы серии F. <https://spb-reduktor.artesk.ru/F.html> (дата обращения 07.05.2024 г.).
17. ГОСТ Р 50895–96. Муфты зубчатые. Технические условия. – М. : Стандартинформ, 2010. – 19 с.

Статья поступила 15.05.2024