

Совершенствование привода механизма вращения корпуса мини-конвертера для переработки металлсодержащих отходов

Н.А. Климович

ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», г. Донецк

Аннотация. Проблема утилизации побочных продуктов доменного и сталеплавильного производств для промышленных регионов является достаточно актуальной. Цель работы – создание усовершенствованной конструкции мини-конвертера, обеспечивающего реализацию технологии переработки металлсодержащих отходов с повышенной концентрацией вредных примесей путем интенсификации тепло-массообменных процессов, протекающих в металлическом расплаве при одновременном использовании значительного количества рафинирующих реагентов в кусковом и порошкообразном виде. Для достижения поставленной цели решалась задача по разработке новой конструктивной схемы привода механизма вращения корпуса агрегата относительно его продольной оси, отличающегося от известных аналогов надежностью работы, простотой и удобством обслуживания. На основании результатов компьютерного и физического моделирования предложена модернизированная система 10-тонного кислородного конвертера, позволяющего получать сталь требуемого качества из отходов металлургического производства.

Ключевые слова: металлсодержащие отходы, мини-конвертер, реагенты, шлак, сталь

Заметное увеличение доли амортизационного лома с повышенным содержанием нежелательных примесей, получаемого при утилизации автомобилей и бытовой техники, а также насущная необходимость в переработке накопившихся отходов, включающих черные и цветные металлы и наносящих вред природной среде, явились мотивацией для начала исследований по созданию плавильных агрегатов, обеспечивающих получение различных товаров из побочных металлургических продуктов. Благодаря этому можно не только экономить энергетические и сырьевые ресурсы, но и снизить отрицательное влияние на экологию образовавшихся свалок и отвалов.

Реализация прогрессивных технологий утилизации и переработки промышленных и бытовых отходов, в состав которых входят черные и цветные металлы, требует наличия специальных плавильных агрегатов, функционирую-

щих в структуре мини- и микро-заводов и в наибольшей мере соответствующих конъюнктурным требованиям ведущих экономик [4]. В настоящее время в Японии Германии и Китае уже разработаны и успешно эксплуатируются подобные агрегаты. Например, консорциумом, возглавляемым фирмой Thyssenkrupp Steel, сконструирована кислородная вагранка, позволившая выплавлять из отходов 15 т передельного чугуна в час [2].

На экспериментальном заводе ООО “ЭНЕРГОКАПИТАЛ” (г. Макеевка Донецкой области) внедрена приобретенная в КНР технология, предполагающая переработку в мини-доменной печи объемом 128 куб. м. окатышей из угольного и металлургического шламов в качественный чугун. При этом получаемые попутные продукты – гранулированный шлак и доменный газ – в дальнейшем используют в качестве строительного материала и топлива в установках, генерирующих электроэнергию [7].

Положительный опыт применения мини-вагранок и мини-доменных печей для получения передельного и товарного чугуна свидетельствует о целесообразности поиска вариантов использования мини-агрегатов, позволяющих перерабатывать некачественный металлический лом и отходы с повышенным содержанием вредных примесей.

Успешное решение поставленной задачи предполагает разработку технологического агрегата, отвечающего комплексу требований: обеспечение интенсивного перемешивания ванны, возможность регулируемой подачи в расплав порошкообразных реагентов, предотвращение попадания конечного шлака в приемную емкость во время выпуска плавки. Следует отметить, что опыт промышленного применения подобных агрегатов был получен в Западной Европе еще в 50-х годах минувшего века. Речь идет о Калдо-процессе, в котором высокую степень дефосфорации достигали ускоренным шлакообразованием за счет интенсификации перемешивания ванны путем вращения корпуса конвертера с частотой 30 мин^{-1} относительно его продольной оси симметрии, составляющей с горизонтальной плоскостью $16-20^\circ$, и одновременной подачи в струе кислорода измельченной извести через фурму, введенную в полость агрегата и совершающую колебательное движение. Всего в мире было пущено в строй около 2-х десятков Калдо-конвертеров вместимостью 30-60 тонн с общей годовой производительностью 5 млн. т. стали. К достоинствам выплавки стали в таком конвертере следует отнести: возможности дожигания монооксида углерода, повышение расхода лома до 40-50% и переработки чугунов любого состава, а также получение стали с низким содержанием вредных примесей [3]. Вместе с тем данный процесс не получил широкого распространения по целому ряду причин. Так из-за размещения привода механизма вращения на корпусе самого сталеплавильного агрегата (рис.1) возникли значительные трудности при выполнении ремонтных работ, увеличилась общая масса подвижной системы, что потребовало применения более мощного привода механизма наклона конвертера.

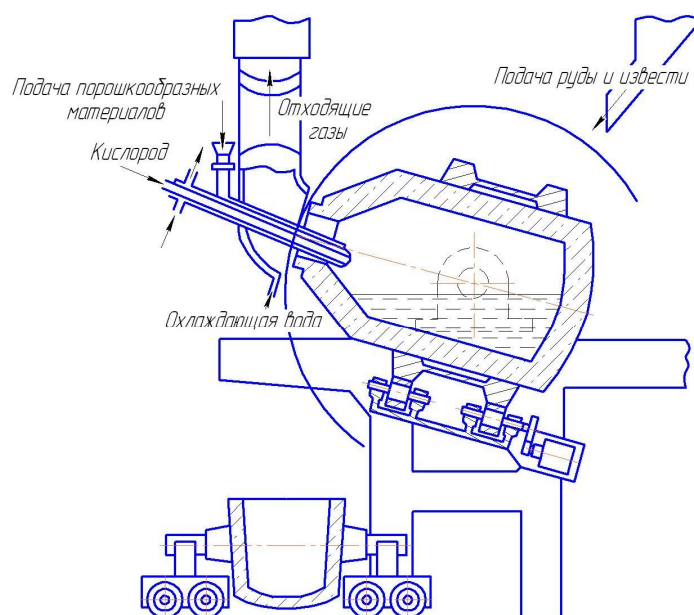


Рисунок 1 - Схема конструкции конвертера для реализации Калдо-процесса

С целью устранения отмеченных недостатков ранее неоднократно предпринимались попытки внесения изменений в конструктивную схему классического варианта кислородного конвертера, реализующего Калдо-процесс. Например, был заявлен конвертер (рис. 2), у которого вращение относительно продольной оси обеспечивает стационарно расположенный под рабочей площадкой 2 привод, включающий четыре двигателя 3 и редуктор 4, подключаемый с помощью универсального шпинделя 6 к корпусу плавильного агрегата 1 после загрузки шихты и установки его под заданным углом к горизонту. По завершении плавки привод необходимо с помощью дополнительного гидравлического цилиндра 5 отсоединить от агрегата для осуществления его наклона в сторону выпуска стали в разливочный ковш [1]. При такой компоновочной схеме привода механизма вращения конвертера его эксплуатация по-прежнему оставалась достаточно сложной. Существенным недостатком приведенной конструкции конвертера является отсутствие возможности осуществлять вращение его корпуса в положениях, не совпадающих с рабочим. Необходимость такого вращения во время эксплуатации плавильного агрегата возникает при проведении различных вспомогательных операций (нанесение гарнисажа на футеровку, ее разрушение и удаление из металлического корпуса во время холодного ремонта), т.е. в процессе эксплуатации и обслуживания данного конвертера выполнение соответствующих операций значительно затрудняется.

Таким образом, при создании мини-плавильного агрегата для переработки некачественной шихты прототипом может служить Калдо-конвертер, в конструктивную схему которого необходимо внести существенные изменения и дополнения, направленные на устранения выявленных ранее у него недостатков.

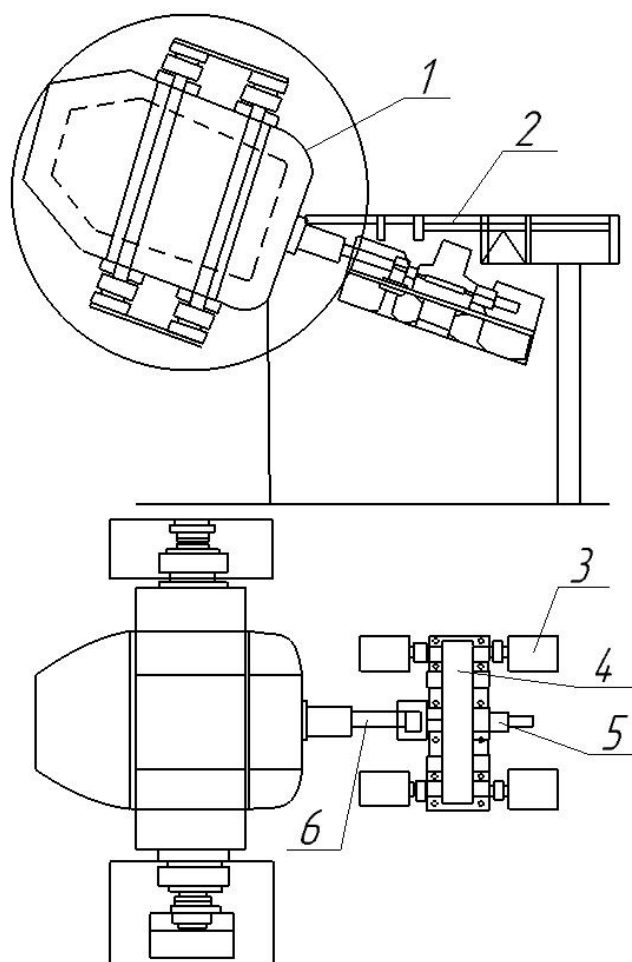


Рисунок 2 - Конструкция кислородного конвертера со стационарно размещенным приводом механизма вращения его корпуса относительно продольной оси

Сотрудниками кафедры механического оборудования заводов черной металлургии Донецкого национально технического университета на основании результатов исследований, выполненных с использованием компьютерного и физического моделирования, была предложена и запатентована система 10-тонного конвертера (рис. 3), в конструкцию которого заложены новые технические решения, позволяющие повысить перспективы его промышленного применения. В конвертере применен классический вариант стационарного одностороннего привода механизма поворота корпуса, включающего электродвигатель 12, быстроходный 13 и тихоходный 11 редукторы. Связь вала тихоходного редуктора с приводной цапфой осуществляется посредством зубчатой муфты 10, обеспечивающей передачу больших крутящих моментов и компенсацию перекосов соединяемых хвостовиков. Корпус конвертера выполнен глухонным, сварной конструкции. Его фиксация относительно опорного кольца 8 осуществляется шестнадцатью центрирующими роликами 9, имеющими две реборды. Ролики разбиты на две группы и попарно на осях установлены на нижней и верхней торцевых поверхностях опорного кольца. На наружной цилиндрической поверхности кольца жестко закреплены усиленные ребрами же-

сткости четыре накладки 6, нижние части которых посредством шарниров связаны с изогнутыми профильными балками 5, удерживающими подшипниковую опору 15 цапфы днища конвертера. Данная опора является центрирующей и воспринимает одновременно радиальную и осевую нагрузку, поэтому она включает два подшипника, один из них радиальный, а другой упорный.

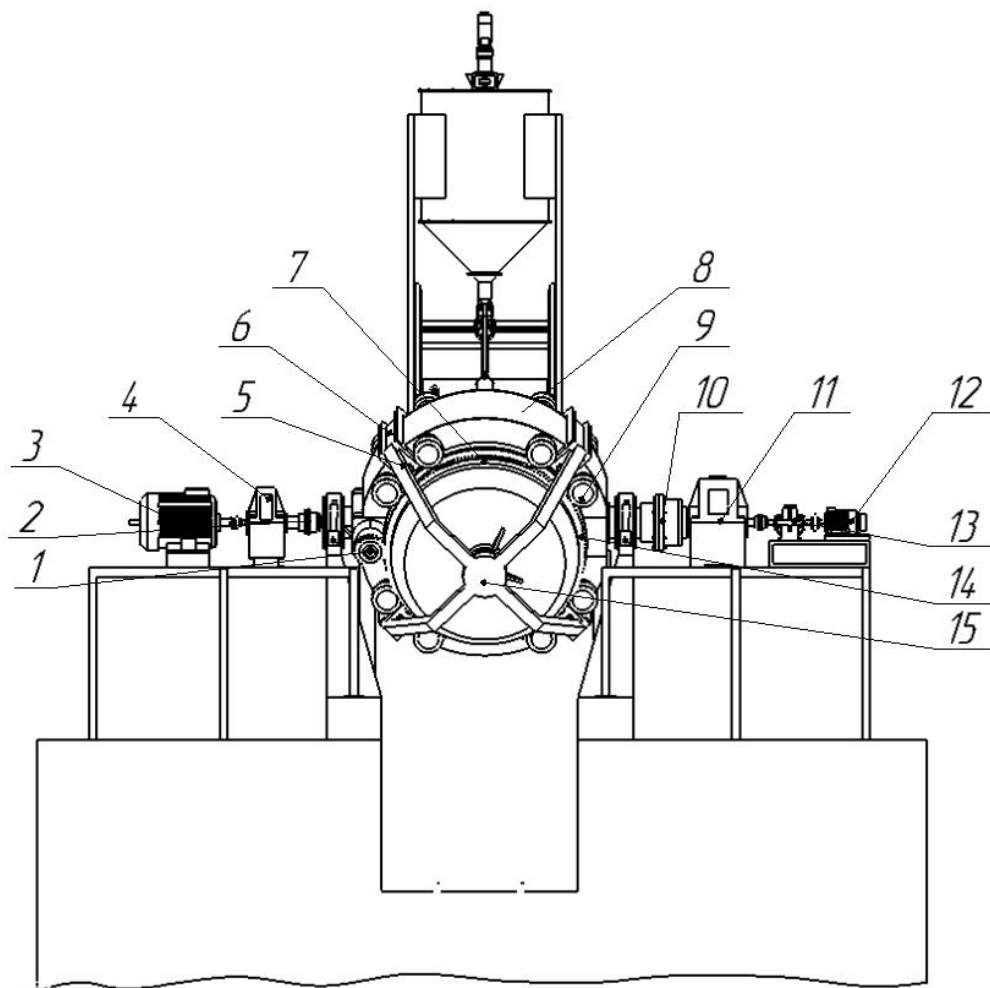


Рисунок 3 - Схема компоновки механизмов наклона и поворота 10-тонного кислородного конвертера конструкции ДонНТУ

Наружную цилиндрическую поверхность корпуса конвертера охватывают два бандаж 7, которыми он опирается на ролики 9 и благодаря их ребордам фиксируется в осевом направлении относительно опорного кольца.

Непосредственно под нижним бандажом на корпусе конвертера размещен зубчатый венец 14, находящийся в зацеплении с шестерней 1. Вращение этой шестерни обеспечивается стационарно размещенным на рабочей площадке приводом, в состав которого входит электродвигатель 3, редуктор 4 и соединительная муфта 2.

Механизм вращения корпуса конвертера (рис. 4) включает конический вал-шестерню 3, посредством муфты связанный с редуктором привода и установленный в подшипниковых опорах внутри цилиндрического канала,

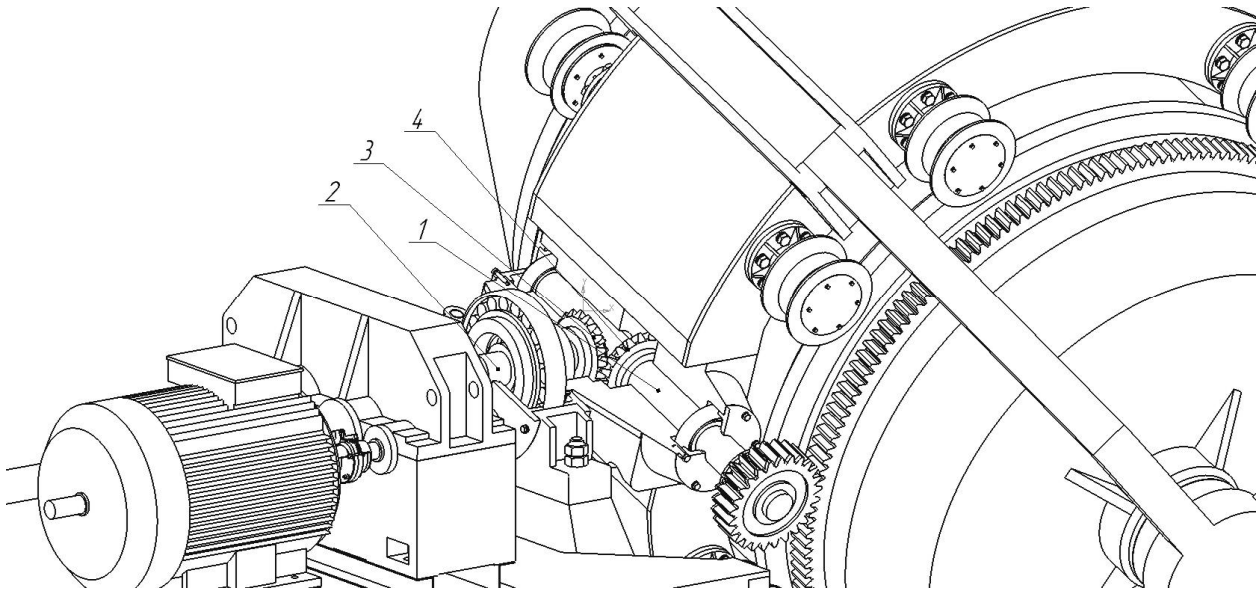


Рисунок 4 - Предложенная конструкция механизма вращения корпуса кислородного конвертера

выполненного в теле цапфы 2. Пустотелая цапфа изготовлена за одно целое с крышкой, соединенной с обоймой в полости которой на подшипниках качения размещен вал 1, с посаженными на него коническим зубчатым колесом 4, находящимся в зацеплении с валом-шестерней 3. На заднем конце вала закреплена прямозубая шестерня, зацепляющаяся с зубчатым венцом корпуса конвертера. Обойма закреплена между разъемными частями опорного кольца. Такое конструктивное исполнение механизма вращения корпуса конвертера позволило разместить его привод на раме, установленной на металлоконструкции возле соответствующей цапфы опорного кольца сталеплавильного агрегата. Во время поворота корпуса конвертера относительно оси цапф коническое зубчатое колесо 4 обкатывается по шестерне 3, благодаря чему обеспечивается одновременная независимое функционирование обоих механизмов, т.е. при изменении угла наклона сталеплавильного агрегата относительно горизонтальной плоскости его вращение можно не останавливать, что упрощает управление работой всей системы в целом. Кроме того, стационарно размещенный на рабочей площадке привод механизма вращения значительно легче обслуживать и ремонтировать, а также упрощается подвод к нему электропитания [5, 6].

Для оценки правильности технических решений, принятых при разработке усовершенствованной конструкции мини-конвертера, изготовили в масштабе 1:10 его действующую модель, фотография которой представлена на рис. 5.



Рисунок 5 – Физическая модель Калдо-конвертера и системы дозированного ввода порошкообразной извести

С ее использованием симулировали работу всех механизмов мини-конвертера, обеспечивающих выполнение необходимого комплекса технологических операций в следующей последовательности. Вначале корпус модели сталеплавильного агрегата устанавливали в вертикальное положение и в его полость последовательно загружали требуемое количество кусковых материалов, имитировавших известь, руду и флюсы, после чего его поворачивали в горизонтальное положение и осуществляли завалку металлического лома, а также заливку жидкости, моделирующей расплавленный чугун. По окончании загрузки шихтовых материалов корпус модели конвертера переводили в положение продувки (угол его наклона к горизонтальной плоскости составлял $15 - 20^\circ$). Для осуществления продувки тележку с фурмой переводили в рабочее положение и с помощью соответствующего механизма сообщали последней колебательное движение, во время которого в ванну конвертера в струе воздуха вдували порошкообразную известь. Сразу же после начала продувки запускали привод механизма вращения корпуса модели конвертера, что обеспечивало резкое повышение

интенсивности перемешивания жидкого и твердых компонентов шихты в ванне агрегата. С целью оценки возможности регулирования процесса выплавки стали в мини-конвертере моделировали выполнение отдельно или в комплексе таких технологических приемов, как изменение скорости вращения корпуса агрегата, положения кислородной фурмы и частоты ее колебаний. После выведения фурмы из полости конвертера, последовательно поворачивая его корпус

в соответственном направлении, имитировали также выпуск стали в разливочный ковш и слив конечного шлака в чашу.

Результаты физического моделирования подтвердили работоспособность предложенных кинематических схем всех механизмов усовершенствованного мини-конвертера. Наряду с этим модельные исследования позволили сделать также вывод о необходимости поиска решений задачи обеспечения предотвращения попадания конечного шлака в сталеразливочный ковш во время выпуска стали. Поскольку выпуск металла из кислородного конвертера данного типа осуществляют путем перелива через край горловины, для эффективного удержания агрессивного шлака в нем нельзя применить известные отсечные устройства, предполагающие воздействие на шлаковый расплав в выпускном канале агрегата (элемент поплавкового типа, шиберный затвор, пробка с газовым соплом). Поэтому для предложенного кислородного конвертера необходима разработка принципиально нового механизма, позволяющего во время слива металла отеснять плавающий на его поверхности шлак от горловины плавильного агрегата к донной части.

Библиографический список

1. *А.с. 154293 СССР, МКИ С 21b. Конвертер с двумя осями вращения.* Оpubл. 1963. бюл. № 9.
2. *Амелинг, Д.* Новые разработки в производстве стали на европейских металлургических заводах с полным циклом / Д. Амелинг // *Черные металлы.*- 2001.- № 5.- С. 16 – 22.
3. *Бойченко, Б.М., Охотский В.Б., Харлашин П.С.* Конвертерное производство стали: Теория, технология, качество стали, конструкции агрегатов, рециркуляция материалов и экология / Б.М. Бойченко, В.Б.Охотский, П.С.Харлашин.– Днепропетровск: РВА «ДНЕПРО – ВАЛ», 2006.- 454 с.
4. *Металлургические мини-заводы / А.Н. Смирнов, В.М. Сафонов, Л.В. Дорохова и др.* – Донецк: ООО «Норд-Пресс», 2005.- 469 с.
5. *Мини-конвертер для переработки высокофосфористого чугуна / С.П. Еронько, Д.И. Федяев, О.В. Афаунова и др.* // *Металлургические процессы и оборудование.*-2010.- №3.- С. 40 – 46.
6. *Патент на полезную модель UA 71568. МПК С 21С 5/28. Кислородный конвертер.* Оpubл.2012. Бюл. № 14.
7. [Http://biz.liga.net/all/industriya/novosti/2507657-makeevski-zavod](http://biz.liga.net/all/industriya/novosti/2507657-makeevski-zavod).