

В.И.Большаков, Ю.И.Черевик, А.М.Башмаков

**ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ И МОДЕРНИЗАЦИЯ
ОБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК ДЕСУЛЬФУРАЦИИ ЧУГУНА
ПЕРВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Целью работы является модернизация оборудования установок десульфурации чугуна для снижения аварийности, увеличения надежности и долговечности, обеспечение глубокой устойчивой десульфурации чугуна. Выполнена оценка работоспособности оборудования установок десульфурации чугуна первого поколения, в которых фурменное устройство погружалось в ковш с расплавом под действием силы тяжести. Осуществлена модернизация этого оборудования, повысившая его надежность и долговечность.

установки десульфурации чугуна, оборудование, модернизация, надежность, долговечность

Современное состояние вопроса. Анализируя существующее оборудование установок, осуществляющих десульфурацию чугуна, необходимо отметить, что строительство и сдача в промышленную эксплуатацию установки для десульфурации чугуна гранулированным магнием первого поколения было осуществлено в 1970 году на металлургическом комбинате «Азовсталь». Затем сдаются в эксплуатацию установки на МК им. Ильича (1971 г.), МК «Запорожсталь» (1972 г.), МК «Криворожсталь» (1974 г. [1–4]. Строятся целые отделения на МК «Азовсталь» (1977 г.), Новолипецком МК (1979 г.) и других заводах. Эти работы выполнялись под руководством д.т.н., заведующей отделом внепечной обработки чугуна Института черной металлургии (ИЧМ) Вороновой Н.А. [5].

При создании установок десульфурации чугуна первого поколения был использован принцип свободного погружения фурмы в расплав под действием собственного веса. Разработчики технологии и оборудования считали, что такой подход обеспечит выполнение всех требований, предъявляемых к реализации технологического процесса, а оборудование при этом будет максимально простым в изготовлении и надежным в эксплуатации.

На рис.1,а приведена принципиальная схема такой установки с приводом, представляющая собой фурменное устройство (ФУ), расположенное в направляющей проводке шахтного типа, штанга которой соединена с лебедкой тросом через блок, установленный на несущей балке перекрытия здания. Фурма со штангой перемещается вниз под действием силы тяжести, а вверх – поднимается лебедкой.

Техническая характеристика, особенность конструкции такой установки, основных элементов привода и ее работа состоит в следующем. В зависимости от типа реагента и глубины погружения для обработки жидкого чугуна используются фурмы двух видов с футеровкой, изготовлен-

ной из коксо-глинистых и коксо-карборундовых огнеупорных смесей. Особенность эксплуатации фурм с такой футеровкой заключается в том, что время одной продувки на них не превышает 5,0 минут. Первые – представляют собой огнеупорный ствол с каналом постоянного или маломеняющегося сечения по всей длине, которые предназначены для вдувания таких порошковых реагентов, как известь, кальцинированная сода, карбид кальция и порошковых магнийсодержащих смесей на глубину до 4–х метров [6]. Вторые – используются для подачи гранулированного или зернистого магния на глубину до 2,5 метров и имеют ствол с испарительной камерой, выполненной в виде колокола конической или цилиндрической формы на выходе [6].

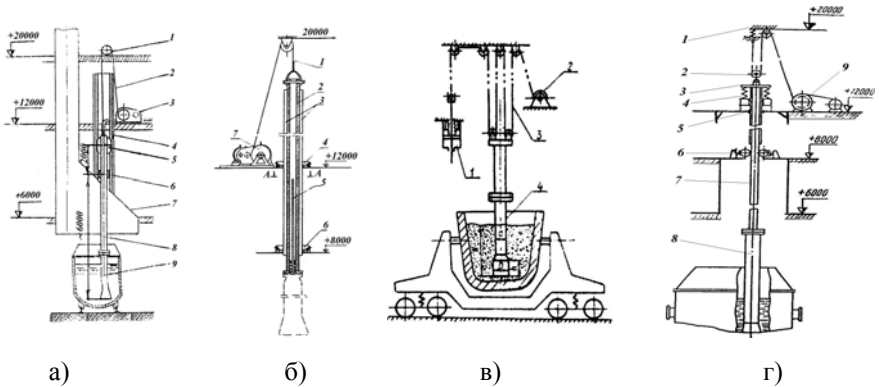


Рис. 1. Принципиальная схема установки десульфурации чугуна первого поколения с фурмой, погружаемой в расплав под действием собственного веса, на разных стадиях модернизации:

а – МК «Запорожсталь» до модернизации: 1 – блок; 2 – трос; 3 – лебедка; 4 – направляющая; 5 – опорная каретка; 6 – опорная втулка; 7 – камин; 8 – штанга; 9 – фурма; б – МК «Запорожсталь» после замены направляющих проводок: 1 – трос; 2 – штанга; 3 – направляющие ребра; 4 – врезание направляющие; 5 – материалопровод; 6 – нижняя направляющая; 7 – лебедка; в – МК «Азовсталь» после усиления подвески и установки компенсатора: 1 – компенсатор; 2 – лебедка; 3 – подвеска; 4 – фурма; г – после комплексной модернизации: 1 – компенсатор; 2 – подвеска; 3 – опорный фланец; 4 – кольцевой амортизатор; 5 – верхняя направляющая; 6 – нижняя направляющая; 7 – штанга; 8 – фурма; 9 – лебедка

Наличие испарительных камер приводит к тому, что, попадая в неё, поток раскрывается и рассредоточивается при подходе к поверхности жидкого чугуна, расплавляется и уже в виде пара выходит из-под колокольного пространства, попадает в жидкий чугун и взаимодействует с серой. Каждому виду фурм присущ свой механизм формирования нагрузок, действующих через фурму на ее привод [7–9].

Учитывая особенности технологического процесса, конструкция фурменного устройства имеет развитые линейные размеры и вместе со штангой составляет в длину до 7-ми метров, а высота основного здания установки достигает 20 метров и более. Поэтому для придания фурме со штангой устойчивого вертикального положения при погружении в расплав и во время продувки, фурменное устройство располагается в специальных направляющих проводках шахтного типа коробчатой формы, находящихся в зоне высокотемпературных восходящих газовых потоков, интенсивных излучений и резко меняющихся температур. Нижняя часть направляющих закрепляется на камине, служащим для отвода горячих газов на очистку. Такой циклический температурный режим работы направляющих приводит к их сильному короблению. Наличие коробления сопровождается механическим взаимодействием направляющих со штангой ФУ, приводящим к заклиниванию штанги при движении в направляющих и их быстрому абразивному износу. Это приводит к резкому возрастанию нагрузок на привод, в результате чего часто рвутся тросы, выходят из строя детали и узлы привода, падают и разрушаются фурмы, то есть возникает различные аварийные ситуации.

Чтобы избежать подобных ситуаций, необходимо постоянно иметь в любом положении фурмы зазор между направляющими и штангой ФУ величиной 10–15 мм, то есть иметь зазор гарантированный, но минимальный. В реальных условиях эксплуатации добиться выполнения такого требования очень трудно, точнее, практически невозможно, поэтому величина этого зазора достигает 30–40 мм и более. Наличие же больших зазоров между направляющими и штангой ФУ приводит к тому, что под действием знакопеременных горизонтальных составляющих технологических нагрузок, эти зазоры периодически то открываются, то закрываются. В результате чего происходят удары, являющиеся источником вынужденных колебаний, распространяющихся по всей металлоконструкции установки и расположенному на ней оборудованию, усложняет работу обслуживающего персонала и контрольно-измерительной аппаратуры. Это является одним из существенных недостатков установок первого поколения, проявившихся при их эксплуатации, которые необходимо было обязательно устранить в дальнейшем, упростив их конструкцию.

После погружения фурмы в расплав, когда она заняла исходное рабочее положение, нижний срез ее колокола должен находиться на расстоянии 200–250 мм от дна ковша. Эксплуатация установок десульфурации чугуна с таким приводом показала, что поддержание этого расстояния в заданном интервале является достаточно сложной задачей. Со временем это расстояние начинает увеличиваться и выходит за допустимые пределы. Натяжение троса в нижнем положении фурмы резко ослабевает, то есть у троса появляется слабина, а ФУ напоминает поплавок, находящийся в расплаве практически в свободном состоянии. После начала продувки чугуна гранулированным магнезиом в расплаве появляются и начинают

действовать хаотические восходящие потоки, состоящие из паров магния и транспортирующего газа. Под действием этих потоков жидкий чугун вместе с ФУ начинает совершать колебательные движения в вертикальной плоскости, которые то усиливают слабины троса, то ее выбирают, вызывая появление в нем рывков разной силы. Особенно сильные рывки наблюдаются в тросе в момент начала подъема ФУ из ковша, когда резко выбирается вся слабина троса. Нагрузки в тросе в этот момент увеличиваются в 2–3 раза по сравнению с номинальными, что в итоге и приводит к аварийным ситуациям.

Постановка задачи. Как было показано ранее, одним из недостатков установок десульфурации чугуна первого поколения явилась низкая термостойкость огнеупорной футеровки фурм, благодаря чему продолжительность одной продувки не превышала пяти минут. Для получения же чугуна с низким содержанием серы, особенно в большегрузных ковшах, продолжительность продувки достигает десяти минут и более. Для реализации такой технологии с этими фурмами на имеющемся оборудовании необходимо было осуществлять продувку расплава в ковше в два этапа с заменой фурмы. Сначала чугун продували в ковше одной фурмой, потом ее вынимали, заменяли другой холодной, которую опускали в ковш и завершали продувку. Так, этот способ десульфурации реализовывался на установках, приведенных на рис.1,а. Глубокая десульфурация чугуна с таким оборудованием оказалась достаточно трудоемкой и занимала много времени.

Таким образом, эксплуатация установок, приведенных на рис.1,а, показала, что они обладают следующими недостатками:

- производительность, время и степень десульфурации зависят от используемого реагента, конструкции фурмы и глубины ее погружения;
- поддержание устойчивого вертикального положения при погружении фурмы со штангой в расплав и при продувке обеспечивается наличием специальных направляющих проводок шахтного типа, находящихся в зоне восходящих высокотемпературных газовых потоков и активного излучения;
- наличие частых аварийных ситуаций, вызванных разрывом тросов, падением фурм и их разрушением;
- образование больших зазоров между направляющей проводкой и штангой ФУ, действие значительных динамических нагрузок после замыкания этих зазоров и появление вынужденных колебаний, передающихся на перекрытие здания и металлоконструкции установки, расположенное на нем оборудование, обслуживающий персонал и контрольно-измерительную аппаратуру;
- сложность стабильной установки фурмы в заданном рабочем положении;

– возникновение слабины троса после опускания фурмы в расплав и во время десульфурации, приводящее к появлению больших напряжений в тросе после ее выборки;

– недостаточная термостойкость огнеупорной футеровки фурм, при которой время одной продувки не превышает пяти минут.

Целью работы является модернизация оборудования установок десульфурации чугуна для снижения аварийности, увеличения надежности и долговечности, обеспечение глубокой устойчивой десульфурации чугуна.

Изложение основных материалов исследования. Указанные выше недостатки потребовали модернизации установок и их приводов. Так, одним из путей уменьшения аварийности установок явилось увеличение поперечного сечения тросов и их количества в подвеске до двух и четырех (рис.1, в и г) [10,11]. В результате этого удалось увеличить срок службы тросов и уменьшить количество аварийных ситуаций. Однако, этот путь исключал не причины, а только следствия, поэтому эти недостатки продолжали проявляться, но в меньшей степени.

Необходимость увеличения времени продувки расплава в ковше более пяти минут привела к созданию двух вариантов компоновки оборудования установки, решающих поставленную задачу (рис.2). Каждый из вариантов имеет по два параллельно расположенных фурменных устройства, установленных стационарно или на подвижной тележке, которые обеспечивают последовательную продувку чугуна в ковшах сначала одной потом другой фурмами до тех пор, пока не достигается необходимый конечный результат.

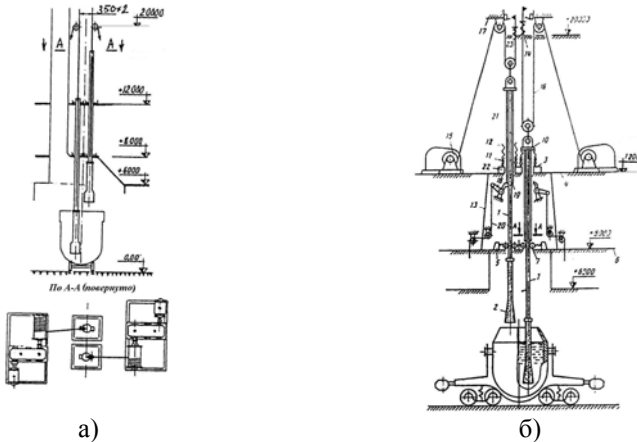


Рис.2. Принципиальная схема установок со двоянными стандартными фурменными устройствами: а – до модернизации; б – после комплексной модернизации

В первом варианте была создана установка со двоянными стационарными параллельно установленными фурменными устройствами с от-

дельными приводами, принципиальная схема которой представлена на рис.2,а. В таком устройстве во время десульфурации поочередно работает сначала одна потом другая фурма. По истечении пяти минут после начала продувки первая фурма вынимается из ковша и поднимается в верхнее исходное положение. Затем в ковш с расплавом опускается вторая фурма, через которую в чугун подаются пары магния до тех пор, пока не получился чугун с необходимым содержанием серы.

Во втором варианте два ФУ устанавливаются на подвижной тележке (рис.3,а), перемещающейся по рельсовому пути над ковшем и имеющей два рабочих положения.

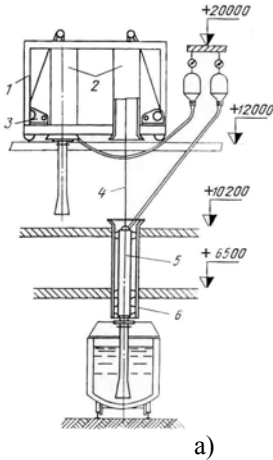


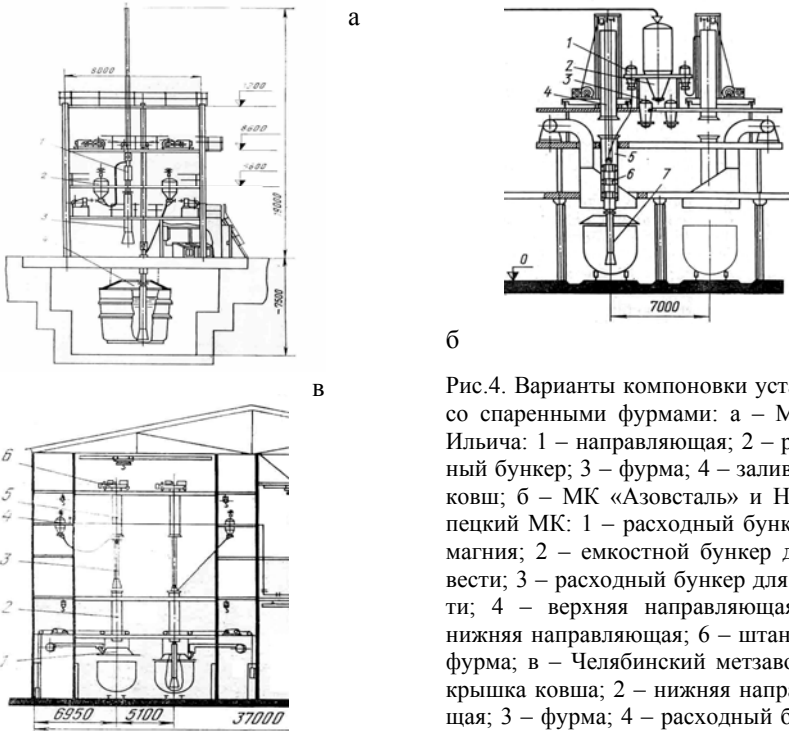
Рис.3. Спаренные фурменные устройства на подвижной тележке МК «Азов-сталь»: а – первое поколение до модернизации: 1 – фурменная тележка; 2 – направляющие верхние; 3 – лебедка; 4 – трос; 5 – штанга; 6 – направляющая нижняя; б – фрагмент подвижной тележки со шлакоотбойником ОДЧ МК «Азов-сталь».

Согласно такой конструкции, когда тележка находится в одном рабочем положении, одна фурма опускается в ковш и начинается десульфурация. Затем через 5 минут фурма вынимается из ковша и поднимается в верхнее исходное положение, а тележка перемещается во второе рабочее положение. Вторая фурма опускается в ковш и находится там до тех пор, пока обработка чугуна не заканчивается. После завершения технологического процесса вторая фурма вынимается из ковша, поднимается в верхнее исходное положение, и обе фурмы остывают на тележке до начала следующего рабочего цикла.

Особенность конструкции такой установки заключается в том, что у нее используются направляющие шахтного типа, выполненные в виде проводок цилиндрической формы длиной 5–6 метров, нижние из которых проходят через перекрытия первого и второго этажей здания установки, а

верхние установлены на тележке, перемещающейся на рельсовом пути третьего этажа. Фурменное устройство в этой установке имеет штангу, выполненную в виде трубы большого диаметра, на наружной поверхности которой установлены упругие амортизаторы, выполненные в виде подпружиненных колодок, расположенных кольцами в несколько рядов по длине штанги (рис.5,а). Это сводит к минимуму возможность появления зазоров между штангой и направляющей, а также смягчает их взаимодействие во время десульфурации.

В качестве конкретного примера практической реализации установок, приведенных на рис.2,а и 3,а, рассмотрим несколько вариантов их компоновки применительно к реальным условиям различных металлургических заводов.



б

в

Рис.4. Варианты компоновки установок со спаренными фурмами: а – МК им. Ильича: 1 – направляющая; 2 – расходный бункер; 3 – фурма; 4 – заливочный ковш; б – МК «Азовсталь» и Новолипецкий МК: 1 – расходный бункер для магния; 2 – емкостной бункер для извести; 3 – расходный бункер для извести; 4 – верхняя направляющая; 5 – нижняя направляющая; 6 – штанга; 7 – фурма; в – Челябинский метзавод: 1 – крышка ковша; 2 – нижняя направляющая; 3 – фурма; 4 – расходный бункер; 5 – верхняя направляющая; 6 – фурменная тележка

Первая установка десульфурации чугуна на одно постановочное место с двумя стационарными фурменными устройствами (рис.2,а), спроектированная в 1975 году проектным отделом ИЧМ, приведена на рис.4,а. Она предназначалась для размещения непосредственно в конвертерном цехе,

куда жидкий чугун поступает в ковшах миксерного типа и переливается в 175-тонный заливочный ковш, стоящий на самоходной тележке в траншее глубиной 7,5 м. Такая установка работала на МК им. Ильича [5].

В 1976 году Липецким филиалом Гипромеца выполнены проекты установок десульфурации для меткомбинатов «Азовсталь» и Новолипецкого МК, в основу которых положена установка, приведенная на рис.3, а. Основное технологическое оборудование на ней расположено в две линии – по пять однотипных секций на каждой линии (рис.4,б). Особенностью отделения десульфурации чугуна (ОДЧ) МК «Азовсталь», построенного в 1977 году является оборудование каждой секции двумя ФУ, смонтированными на самоходной тележке, оборудованной двумя направляющими трубами длиной 7,6 метра и внутренним диаметром около метра, в которых фурмы со штангами находятся в нерабочем положении после подъема из ковша. Над постановочным местом между перекрытиями первого и второго этажей (отметки +6500 и +10200) установлена труба с внутренним диаметром 0,9 м и высотой 4,8 м, являющаяся нижней направляющей для ФУ, воспринимающей нагрузки, действующие на фурму при барботаже. Такое же отделение было построено в 1978 году на Новолипецком МК [5].

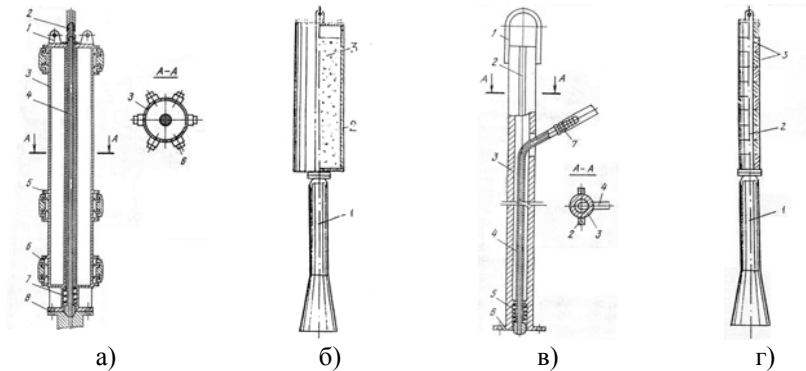


Рис.5. Конструкции штанг фурменных устройств разных конструкций:

а – пустотелая цилиндрической формы с амортизаторами МК «Азовсталь»; 1 – ухо крепежное; 2 – ниппель; 3 – корпус штанги; 4 – материалопровод; 5 – пружина; 6 – подпружиненная колодка; 7 – пружина; 8 – фланец соединительный; б – цилиндрическая труба с сыпучим балластным грузом; 1 – фурма; 2 – штанга; 3 – балластный груз насыпной; в – толстостенная труба с направляющими ребрами МК «Запорожсталь»; 1 – серьга; 2 – ребра направляющие; 3 – труба несущая; 4 – материалопровод; 5 – пружина; 6 – фланец; 7 – ниппель; г – толстостенная труба с набором литых цилиндрических кольцевых секций 1 – фурма; 2 – штанга; 3 – балластный груз секционный

Примерно такого же типа спроектировано ОДЧ для Челябинского метзавода Челябингипромецом. Особенностью этого отделения является то,

что обслуживание каждой секции осуществляется двумя ФУ, каждая из которых смонтирована на отдельной крановой тележке, чем обеспечивается полная автономность каждой тележки и фурмы при выходе из строя тележки или повреждении фурмы (рис. 4, в). В этой установке используются также две направляющие проводки, выполненные из труб большого диаметра, нижняя из которых закреплена стационарно.

В таком варианте конструкции установки для поддержания расстояния между нижним срезом колокола фурмы и дном ковша в интервале технологических требований, необходимо осуществлять периодическое увеличение веса ФУ за счет использования специального балластного груза, добавляемого к весу штанги. В зависимости от конструкции штанги достигается это несколькими путями. Если используется пустотелая штанга цилиндрической формы, выполненной в виде трубы большого диаметра с лючками, то ее внутренняя полость заполняется металлическими или чугунными шарами или другим сыпучим материалом высокой плотности (рис. 5,а, б). Если штанга выполнена в виде толстостенной трубы, то балластный груз выполняется в виде набора литых цилиндрических кольцевых секций, одеваемых на штангу (рис.5,в,г). Количество таких секций и их вес определяется технологическими условиями и, например, при общей массе балластного груза в 1000 кг, он может набираться из 10-ти секций массой по 100 кг каждая. В конечном итоге, вес фурмы может увеличиваться почти в два раза и достигать 5000 кг и более. Это приводит к перегрузкам и поломкам привода.

Для упрощения конструкции развитых в длину направляющих проводок их заменили двумя короткими проводками, установленными на перекрытиях первого и второго этажей (рис.2, а и б). Нижнюю проводку выполнили в виде компактного узла, состоящего из системы подпружиненных опорных роликов, расположенных по периметру штанги. Такая конструкция направляющей проводки обеспечивает постоянный контакт опорных роликов со штангой, что исключает возможность появления зазоров в контактных парах и смягчает передачу колебаний ФУ на перекрытия и металлоконструкцию [5].

Чтобы исключить падение фурм на землю при разрыве троса на перекрытии второго этажа над верхней направляющей проводкой установили кольцевой амортизатор с опорной площадкой, а штангу в месте ее соединения с тросом выполнили с опорным фланцем, наружный диаметр которого близок к наружному диаметру кольцевого амортизатора (рис.1,г, 2, б). При разрыве троса и падении ФУ вниз опорный фланец штанги взаимодействует с опорной площадкой кольцевого амортизатора и ФУ зависает на нем в воздухе в вертикальном положении, срабатывает защита и привод останавливается [10].

Для уменьшения слабину троса или полного ее исключения при десульфурации и во время начала подъема фурмы, в месте соединения конца троса с несущими балками перекрытия (рис.1,г и 2,б) или второго эта-

жа (рис.1,в) установили специальное натяжное устройство – компенсатор с упругими элементами, которые выбирают слабинку у троса, когда она появляется.

Принципиальная схема установки, в которой обобщены и реализованы все предложенные решения по ее модернизации, приведена на рис.2,б [10]. Установка работает следующим образом. В исходном состоянии ФУ находится в крайнем верхнем положении. При этом положении фурмы упругие элементы 11 и 12 ограничителя хода – предохранительного устройства полностью разгружены, а пружина компенсатора 14 сжата, так как нагружена весом поднятого ФУ.

После установки ковша с чугуном в зоне обработки по команде оператора включается электродвигатель лебедки 15 и ФУ начинает опускаться до тех пор, пока фурма не погрузилась в расплав на заданную глубину. На погружающуюся фурму начинает действовать выталкивающая сила ферростатического давления, увеличивающаяся пропорционально глубине погружения, а пружина 14 компенсатора начинает разгружаться, поскольку усилие в тросе уменьшается.

По мере приближения фурмы к рабочему положению опорный фланец 10 штанги 7 начинает взаимодействовать с упругими элементами 12 ограничителя хода, которые начинают сжиматься под действием остаточного веса ФУ. Осадка пружин 12 будет происходить до тех пор, пока полностью не наступит равновесие сил, и фурма не займет рабочее положение. В этом положении фурмы пружина компенсатора 14 разжимается и с помощью специального рычага через конечный выключатель останавливает лебедку. Жесткость пружин 12 ограничителя хода выбирается таким образом, чтобы движение фурмы прекращалось, когда она занимает свое рабочее положение.

После завершения продувки и отправки ковша ФУ опускается для осмотра и обслуживания. В этом случае основные пружины 12 ограничителя хода нагружены полным весом ФУ, так как выталкивающая сила от ферростатического давления расплава отсутствует. Для исключения замыкания витков основных пружин устанавливаются дополнительные пружины 11, жесткость которых больше основных, а высота их такая, что они вступают в работу параллельно с основными только во время аварийных ситуаций, когда разрывается трос и падает фурма. Во время десульфации дополнительные пружины не работают.

Фиксация фурмы в верхнем исходном положении обеспечивается устройством, состоящим из подпружиненного двуплечего рычага 18. Одно его плечо входит в зацепление с ребром 19 штанги 1, а другое – через гибкую тягу 20 соединено с приводом, управляемым из пульты.

Поперечные колебания штанги воспринимаются и локализируются опорными амортизационными роликами 7. С их помощью исключается появление ударных нагрузок в результате ликвидации зазоров между направляющими и штангой, а также обеспечивается центрирование послед-

ней в пропускном отверстии на отметке +8000. Уменьшение степени износа контактной поверхности штанги при ее движении в направляющих удалось достигнуть за счет того, что трение скольжения было заменено трением качения.

Заключение. Предложенные мероприятия были частично или полностью реализованы при модернизации установок десульфурации чугуна и их приводов, в которых использовались фурмы, погружаемые в расплав под действием собственного веса. Это позволило, уменьшив их аварийность и увеличив надежность и долговечность, осуществлять глубокую десульфурацию чугуна в течение более двух десятилетий на таких металлургических предприятиях Украины как меткомбинаты «Азовсталь», им. Ильича, «Запорожсталь», Новолипецкий и завод «Свободный Сокол» в России и Раахенский метзавод в Финляндии.

1. *Рафинирование* доменного чугуна в ковшах вдуванием порошкового магния на промышленной установке завода «Азовсталь» / Н.А.Воронова, С.Т.Плискановский, Д.В.Гулыга и др. // Повышение качества чугуна и чугунного литья: Сб. ИЧМ. – М.: Металлургия, 1972. – С.43–50.
2. *Промышленная установка* для глубокой десульфурации чугуна в 140-т ковшах вдуванием порошкового магния на Ждановском заводе им. Ильича / Ю.П.Волков, Н.А.Воронова, М.Л.Лаврентьев и др. // Повышение качества чугуна и чугунного литья: Сб. ИЧМ. – М.: Металлургия, 1972. – С.15–20.
3. *Установка* для глубокой десульфурации чугуна магнийсодержащими смесями на заводе «Запорожсталь» / Н.А.Воронова, Г.Г.Побегайло, И.Я.Емельянов и др. // Повышение качества чугуна и чугунного литья: Сб. ИЧМ. – М.: Металлургия, 1972. – С.20–24.
4. *Оборудование* установок десульфурации чугуна / В.И.Большаков, А.М.Башмаков, А.Ф.Шевченко, Ю.И.Черевик // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.10. – 2006. – С.286–291.
5. *Воронова Н.А.* Десульфурация чугуна магнием. – М.: Металлургия, 1980. – 238 с.
6. *Анализ конструкций* фурм и устройств, используемых для десульфурации чугуна / В.И.Большаков, А.М.Башмаков, А.Ф.Шевченко, Ю.И.Черевик // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.8. – 2004. – С.381–389.
7. *Особенности* силового нагружения фурм с испарительными камерами, используемых для десульфурации чугуна / В.И.Большаков, А.М.Башмаков, А.Ф.Шевченко, Ю.И.Черевик // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. – Вып.11. – 2005. – С.254–262.
8. *Технологические* нагрузки, действующие на фурму при десульфурации чугуна магнием / А.М.Башмаков, В.И.Большаков, А.Ф.Шевченко, Ю.И.Черевик // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – № 3. – С.11–15.
9. *Большаков В.И., Черевик Ю.И., Башмаков А.М.* Нагрузки, действующие на фурму при десульфурации // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 5. – С.128–131.

10. *Совершенствование* оборудования отделений десульфурации с погружаемыми фурмами / А.Г.Бондаренко, А.Ф.Шевченко, Н.П.Остапчук и др. // *Металлургия*. – 1983. – № 3. – С.17–20.
11. *Влияние* увеличения налива ковшей на работу привода фурмы УДЧ / Ю.И.Черевик, А.Г.Бондаренко, И.М.Лафер, Б.В.Двоскин // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 1991. – № 3. – С.50–52.

*Статья рекомендована к печати:
Заместитель ответственного редактора
раздела «Металлургическое машиноведение»
канд.техн.наук В.В.Веренев
рецензент докт.техн.наук А.Ф.Шевченко*

В.І.Большаков, Ю.І.Черевик, О.М.Баишаков

Оцінка працездатності і модернізація устаткування установок десульфуратії чавуну першого покоління

Метою роботи є модернізація установок десульфуратії чавуну для зниження аварійності устаткування, збільшення надійності і довговічності, забезпечення глибокої стійкої десульфуратії чавуну. Виконано оцінку працездатності установок десульфуратії чавуну першого покоління, в яких фурмени пристрій занурювався у ківш з розплавом під дією сили тяжіння. Здійснена модернізація цього устаткування, що підвищила його надійність і довговічність.