

УДК 621.747

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА  
ДОЗИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ  
В КРИСТАЛЛИЗАТОР СЛЯБОВОЙ МНЛЗ**

**С.П. Еронько, М.В. Ющенко**

ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет"

*Рассмотрены конструктивные особенности системы дозированного ввода шлакообразующих смесей в кристаллизатор слябовой машины непрерывного литья заготовок с помощью гибкого рабочего элемента из стационарно расположенного бункера.*

Современная технология непрерывной разливки качественной стали на высокопроизводительных машинах непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) предполагает ввод в кристаллизатор шлакообразующих смесей (ШОС) с целью стабилизации работы его механизма качания и улучшения условий формирования корочки отливаемой заготовки. При этом главным условием эффективного применения порошкообразных или гранулированных материалов является равномерное их распределение на зеркале расплава. Широко практикуемая на отечественных и зарубежных металлургических предприятиях ручная подача ШОС в дискретном режиме не позволяет добиться постоянства толщины ее слоя по всему поперечному сечению кристаллизатора, а также интенсифицирует труд разливщиков, вынужденных в течение всей серийной разливки выполнять монотонную (рутинную) работу по сталкиванию с помощью деревянных гребков на поверхность жидкой стали смеси, рассыпанной на площадке вдоль широкой стенки металлоприемника.

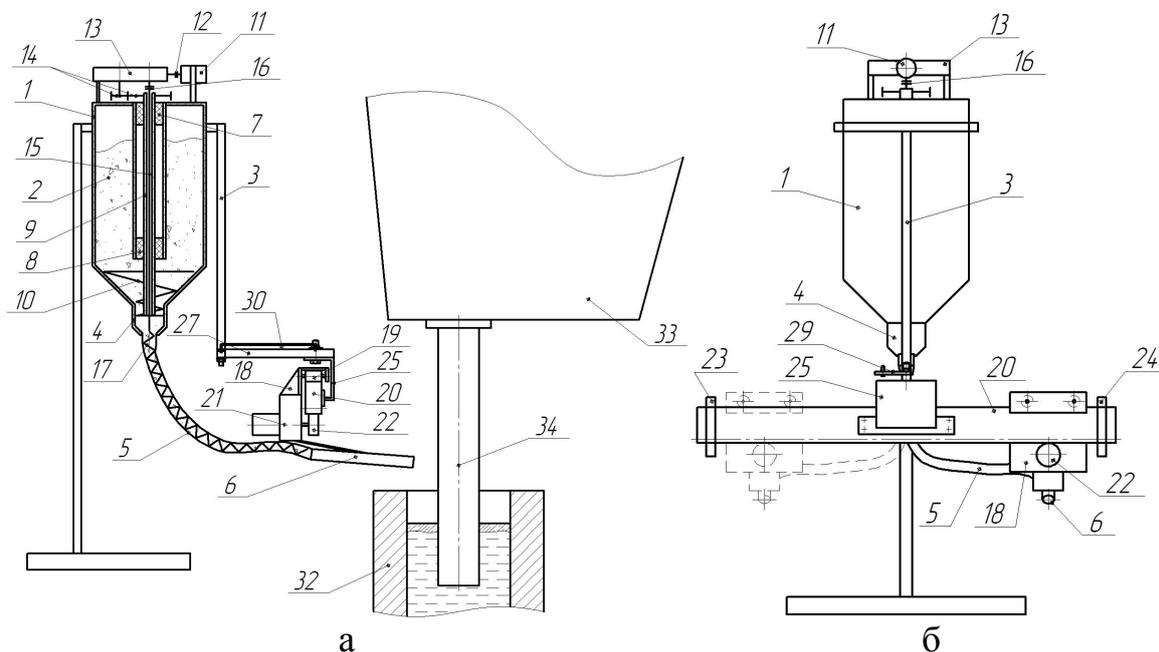
В связи с этим на протяжении последних десяти лет в стране и за рубежом ведутся исследования по созданию систем механизированной подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы различных типов МНЛЗ. Главным фактором, сдерживающим промышленное применение устройств дозированного ввода шлакообразующих смесей в условиях серийной разливки на слябовых МНЛЗ, является отсутствие свободного места на рабочей площадке у промежуточного ковша для размещения бункера с гранулированной или порошкообразной ШОС и соответствующих устройств для ее устойчивой транспортировки в полость кристаллизатора на зеркало металла. Поэтому для устранения отмеченной проблемы необходимы новые технические решения, которые позволили бы обеспечить эффективное функциони-

рование дозирующих систем на слябовых МНЛЗ различных фирм-производителей.

Как известно, в настоящее время существует несколько конструктивных вариантов дозирующих систем, отличающихся типом и местом расположения бункера-накопителя, способами дозированной выдачи из него ШОС, перемещения ее по трубопроводу к кристаллизатору и равномерного распределения в нем на поверхности жидкой стали [1,2]. Каждая из известных систем имеет свои достоинства и недостатки, проявляющиеся в большей или меньшей мере в зависимости от конкретных производственных условий применения. Сотрудниками кафедры механического оборудования заводов черной металлургии (МОЗЧМ) ГВУЗ "Донецкий национальный технический университет" на основании результатов сопоставительного анализа конструктивных особенностей лучших зарубежных образцов устройств механизированной подачи смесей при непрерывной разливке стали, а также с учетом имеющегося собственного опыта проектирования и промышленного применения оборудования данного класса разработана и запатентована система дозированного ввода ШОС в кристаллизатор слябовой МНЛЗ, имеющая в сравнении с отечественными и зарубежными аналогами несколько преимуществ, позволяющих повысить ее гибкость и универсальность как в отношении облегчения встраивания в существующий комплекс оборудования эксплуатирующихся МНЛЗ, так и в снятии ограничений по применяемым материалам, имеющим разные механические свойства. Конструктивные особенности разработанной системы поясняет схема, приведенная на рис. 1.

Предлагаемое устройство включает бункер 1 с расходуемой смесью 2, жестко закрепленный на металлической конструкции 3 и снабженный в нижней части камерой 4, связанной гибким трубопроводом 5 с наклонным подающим носком 6. Внутри бункера 1 в подшипниковых опорах 7 и 8 установлен вертикальный трансмиссионный вал 9 со шнеком 10, нижняя цилиндрическая часть которого соосно размещена в камере 4, а верхняя коническая часть расположена в полости бункера. На бункере 1 сверху установлен электродвигатель 11, с помощью муфты 12 связанный с быстроходным валом редуктора 13, тихоходный вал которого посредством зубчатой пары 14 связан с вертикальным трансмиссионным валом 9. В продольном канале этого вала коаксиально размещен второй вал 15, верхним своим хвостовиком соединенный с помощью муфты 16 с промежуточным валом редуктора 13. К нижнему хвостовику вала 15 жестко прикреплена стальная спираль 17, размещенная с возможностью относительного вращения внутри гибкого трубопровода 5 по всей его длине. Нижний конец это-

го трубопровода снабжен наклонным подающим носком 6, закрепленным на каретке 18, имеющей возможность возвратно-поступательного перемещения на роликах 19 по горизонтально расположенной балке 20, представляющей собой зубчатую рейку. Перемещение каретки 18 обеспечивает закрепленный на ней мотор-редуктор 21 с зубчатой шестерней 22 на выходном валу, находящейся в зацеплении с зубьями рейки, на концах которой размещены раздвижные фиксаторы 23 и 24 для ограничения хода каретки 18. Балка 20 с помощью жестко связанного с ней кронштейна 25 с вертикальным валом 26 шарнирно закреплена в средней своей части на одном конце несущей поворотной консоли 27, второй конец которой посредством вертикальной оси 28 прикреплен к металлоконструкции 3. К хвостовику вертикального вала 26 жестко прикреплен рычаг 29, с помощью тяги 30 связанный с элементом 31 металлоконструкции 3. Размеры элемента 31, тяги 30, рычага 29 и поворотной консоли 27 подобраны таким образом, что они в совокупности образуют параллелограмный механизм, благодаря которому балка 20 имеет возможность плоскопараллельного движения в горизонтальной плоскости относительно широкой стенки кристаллизатора 32, в который из промежуточного ковша 33 через погружной стакан 34 поступает жидкая сталь.



**Рис. 1. Расположение системы дозированной подачи ШОС на рабочей площадке (а) и ее фронтальный вид (б)**

Таким образом, благодаря наличию в предлагаемом устройстве шнека с конической верхней частью и стальной спирали в гибком

трубопроводе, одновременно вращающихся с различными угловыми скоростями в заданном соотношении от одного привода, предотвращается подвисание в нижней части бункера порошкообразной шлакообразующей смеси, а также интенсивное пылеобразование и тем самым стабилизируется процесс её подачи на зеркало металла в кристаллизатор.

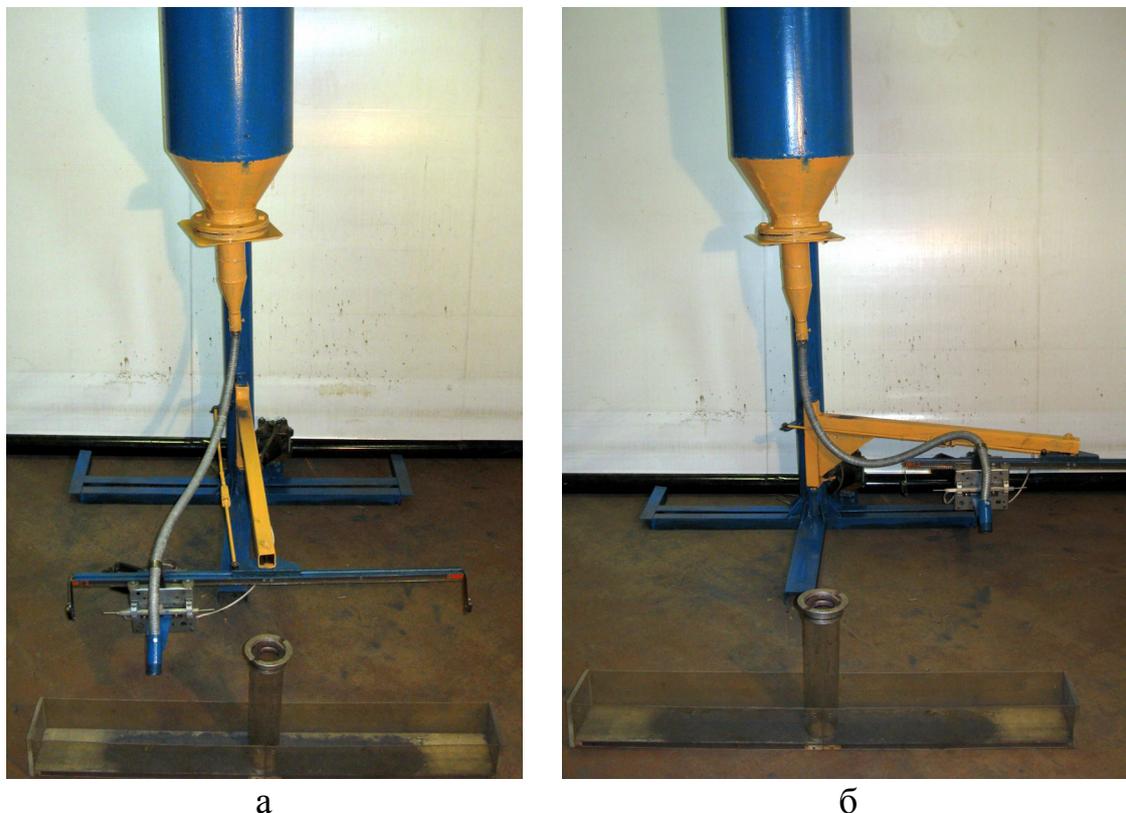
Кроме того, наличие параллелограммного механизма в кинематической цепи устройства, обеспечивающего плоскопараллельное перемещение относительно кристаллизатора балки, несущей каретку с наклонным подающим носком, облегчает и упрощает настройку устройства при его подготовке к работе и в случае необходимости изменения размеров поперечного сечения отливаемой слябовой заготовки, а также позволяет переводить подвижную часть дозирующей системы из рабочей позиции в положение парковки, освобождая пространство для беспрепятственного выполнения операций по обслуживанию разливочного устройства промежуточного ковша и быстрой замене погружного стакана.

Отсутствие в технической литературе сведений о методиках расчета дозирующих систем с гибким рабочим органом, а также стремление выполнить с минимальными временными и материальными затратами предварительную проверку правильности принятых технических решений и осуществить при необходимости их корректировку еще на стадии проектирования опытно-промышленного образца усовершенствованной системы, послужили основными побудительными мотивами к проведению соответствующих исследований на ее физической модели, изготовленной в масштабе 1:2,5.

Визуальный контроль функционирования узлов физической модели дозирующей системы и тестовые измерения ее производительности полностью подтвердили не только работоспособность приводов механизмов перемещения каретки и отдельного вращения шнека и витой пружины, а и возможность плавного регулирования в требуемых пределах соответствующих их скоростных характеристик. Наряду с этим была выявлена необходимость применения в промышленном образце дозирующей системы дополнительного привода для механизированного ее перевода из положения парковки в рабочую позицию и обратно. Наличие такого привода упростит и облегчит работу разливщиков в случае возникновения нештатной ситуации и аварийного прекращения разливки (закрытии ручья МНЛЗ).

Полученная в ходе физического моделирования информация была в полном объеме учтена при расчете, конструировании и изготовлении опытно-промышленного образца разработанной дозирующей

системы, общий вид и технические характеристики которой соответственно представлены на рис. 2 и в табл. 1.



**Рис. 2. Общий вид опытно-промышленного образца усовершенствованной системы дозированной подачи ШОС в рабочей позиции (а) и в положении парковки (б)**

Проведенные комплексные испытания в лабораторных условиях в полной мере подтвердили правильность принятых технических решений. Их результаты свидетельствуют о том, что механизм дозирования, снабженный гибким рабочим органом, обеспечивает высокую степень равномерности ввода как порошкообразных, так и гранулированных материалов, обеспечивая при этом возможность плавного изменения их объемного расхода в широких пределах (от 0,5 до 3 кг/мин) [3].

Разработанная система дозированного ввода ШОС в кристаллизатор слябовой МНЛЗ обеспечивает устойчивую работу при дозированной подаче ШОС любого химического и гранулометрического составов; минимизацию требуемой мощности приводов механизмов благодаря значительному уменьшению масс подвижных элементов; универсальность относительно возможности встраивания в существующий комплекс оборудования слябовых МНЛЗ, находящихся в экс-

платации; простоту в эксплуатации за счет быстрой и легкой настройки механизмов при необходимости перехода на отливку слябов другого поперечного сечения; обеспечение беспрепятственного обслуживания разливочного устройства промежуточного ковша и быстрой смены погружного стакана благодаря механизированному переводу дозирующей системы из рабочей позиции в положение парковки.

**Табл. 1. Технические характеристики механизмов усовершенствованной системы дозированной подачи ШОС в кристаллизатор слябовой МНЛЗ**

Механизмы системы	Значение параметра
Механизм раздельного вращения шнека и спирали: - мощность приводного двигателя, кВт - номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин - передаточное число редуктора - передаточное число зубчатой передачи	0,3  950 9 3
Механизм перемещения каретки: - мощность приводного двигателя, кВт - номинальная частота вращения вала двигателя, об/мин - передаточное число редуктора - скорость перемещения каретки, м/с	0,05  1500 25 0,05-0,15
Механизм поворота консоли: - мощность приводного двигателя, кВт - частота вращения вала двигателя, об/мин - передаточное число редуктора - угловая скорость поворота консоли, с <sup>-1</sup>	0,09 950 50 2

**Библиографический список**

1. Куклев А.В., Лейтес А.В. Практика непрерывной разливки стали. – М.: Metallurgizdat, 2011. – 432 с.
2. Measurement and prediction of lubrication, powder consumption, and oscillation mark profiles in ultra-low carbon steel slabs / Ho-Jung Shin, Seon-Hyo Kim, G. Thomas et al. // ISIJ international. – 2006. – Vol.46., No.11. – pp. 1635-1644.
3. Еронько С.П., Ющенко М.В. Усовершенствованная система дозированной подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор слябовой МНЛЗ // Metallургические процессы и оборудование. – 2013. – №4. – С. 74-81.