



УДК 621.74.047

Д.Р. Ганин, А.В. Нефедов, М.И. Мурзич
Новотроицкий филиал ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский технологический
университет «МИСиС»
г. Новотроицк, Россия
E-mail: dmrgan@mail.ru
Дата поступления: 12.05.2017

МЕХАНИЗАЦИЯ ПОДАЧИ ШЛАКООБРАЗУЮЩИХ СМЕСЕЙ В КРИСТАЛЛИЗАТОР МНЛЗ-2 АО «УРАЛЬСКАЯ СТАЛЬ»

Аннотация

В работе выполнен патентный обзор устройств для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор машин непрерывного литья заготовок, имеющих в своем составе шнековые конвейеры. Проанализированы достоинства и недостатки существующих устройств, выполнена их классификация. Предложена конструкция шнекового устройства для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор МНЛЗ-2 АО «Уральская Сталь» и рассчитаны некоторые его технологические, конструктивные, энергосиловые параметры, оценена экономическая эффективность при внедрении устройства.

Ключевые слова: шлакообразующие смеси, шнековый конвейер, механизация, автоматизация, машина непрерывного литья заготовок.

Введение

В непрерывной разливке стали, для улучшения условий формирования слитков, используется защита шлакообразующими смесями (ШОС) открытой поверхности металла в кристаллизаторе. ШОС должна ограничивать развитие вторичного окисления, адсорбировать всплывающие в жидкой стали неметаллические включения, обеспечивать теплоизоляцию мениска, смазывать стенки кристаллизатора, чтобы способствовать образованию однородной толщины оболочки слитка и равномерному отводу тепла от слитка. Первое время подачу ШОС в кристаллизатор осуществляли вручную, а на многих металлургических заводах России, в том числе в АО «Уральская Сталь», это происходит и сейчас. Такой способ не обеспечивает стабильную, точную, равномерную подачу ШОС по всей поверхности металла. Это сказывается на величине сил трения между корочкой непрерывного слитка и стенками кристаллизатора, на условиях теплопередачи, что приводит к ухудшению качества поверхности слитка и может привести к прорывам расплавленного металла через еще незатвердевшую корочку формирующегося слитка. Поэтому актуально обеспечение

равномерной механизированной подачи смесей в кристаллизатор [1]. В связи с этим, в работе был выполнен патентный обзор устройств для подачи ШОС в кристаллизатор машин непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), имеющих в своём составе шнековые конвейеры, проанализированы достоинства и недостатки этих устройств, выполнена их классификация, предложена конструкция шнекового устройства для подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ-2 АО «Уральская Сталь» и рассчитаны некоторые его технологические, конструктивные, энергосиловые параметры, оценена экономическая эффективность при внедрении устройства.

Основная часть

Первое промышленное использование ШОС в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) осуществили на заводах САФЕ (Франция) и «Маннесманн-Демаг» (Германия) в 1962 г. [2]. Для поддержания постоянного расхода ШОС, уменьшения проблем с эксплуатацией оборудования, улучшения качества (прежде всего поверхности) заготовок, стали предприниматься попытки механизировать и автоматизировать подачу смеси в кристаллизатор. В СССР первое устройство

для подачи порошкообразных шлаковых смесей в кристаллизатор изобретено в 1966 г. и выполнено в виде коллектора, установленного в верхней части кристаллизатора над мениском металла, представляющего собой замкнутую емкость с выходными отверстиями, ориентированными во внутреннюю полость кристаллизатора [3]. В устройстве смесь из бункера подавалась шнеком в инжекционную камеру, где инжектировалась струей газов и по трубопроводу поступала к коллектору (рисунок 1).

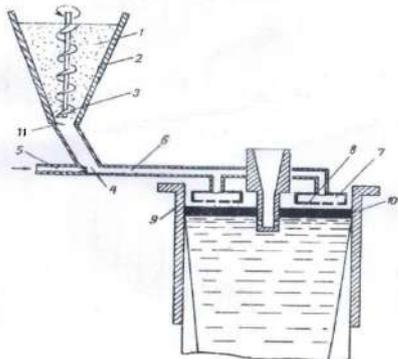


Рисунок 1. Устройство для подачи порошкообразных шлаковых смесей в кристаллизатор [3]

- 1 – смесь; 2 – бункер; 3 – дозирующий шнек; 4 – инжекционная камера;
- 5 – газопровод; 6 – трубопровод;
- 7 – коллектор; 8 – выходные отверстия;
- 9 – кристаллизатор; 10 – шлаковый слой;
- 11 – обратный клапан

За рубежом одним из первых прототипов такого устройства было устройство, описанное в заявленном в 1956 г. в США способе непрерывной разливки металлов [4], в котором порошкообразный материал вводился в кристаллизатор 1 шнековым питателем 2 из бункера 3, падая под действием силы тяжести через вертикальный соединительный трубопровод 4, проходящий через крышку промежуточного ковша 6, расположенного над кристаллизатором (рисунок 2).

В СССР автоматическая подача порошкообразной ШОС в кристаллизатор впервые была осуществлена на Донецком металлургическом заводе при отливке слэбов сечением 150x(1000-1200) мм [5] устройством для механической подачи защитной смеси в кристаллизатор [6], в котором подачу сыпучих материалов произво-

дят воздействием кристаллизатора, совершающего возвратно-поступательное движение, на исполнительный механизм подающего устройства через механическую связь (рисунок 3). ШОС из бункера 3 поступает в кристаллизатор 5 под действием шнека 4. Шнек приводится во вращение при воздействии исполнительного механизма 2 на храповое колесо 1. Шток исполнительного механизма прижат к неподвижной опоре. При разливке кристаллизатор 5 и связанные с ним детали, совершая возвратно-поступательное движение, при ходе вверх поднимают бункер. Шток исполнительного механизма 2 упирается в зуб храповика 1, связанного со шнеком 4, и поворачивает его на определенный угол. Шнек захватывает материал и при вращении сбрасывает его в окно бункера на мениск металла в кристаллизаторе. При движении кристаллизатора вниз шток с собачкой остаётся на месте, а бункер со шнековым механизмом опускается вниз. В зависимости от скорости вытягивания заготовки меняется скорость качания кристаллизатора, а в соответствии с этим – скорость вращения шнека и расход ШОС.

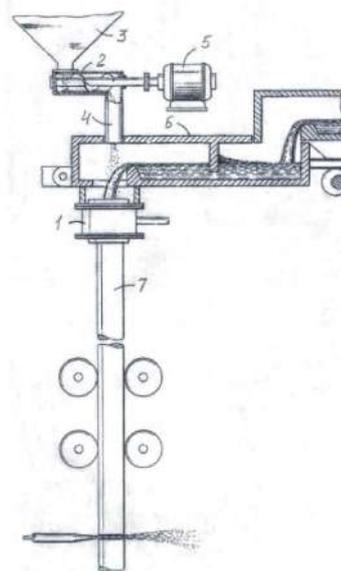


Рисунок 2. Устройство для ввода порошкового материала в кристаллизатор [4]

- 1 – кристаллизатор; 2 – шнековый питатель; 3 – накопительный бункер;
- 4 – вертикальный соединительный трубопровод; 5 – электропривод;
- 6 – промежуточный ковш;
- 7 – непрерывнолитая заготовка

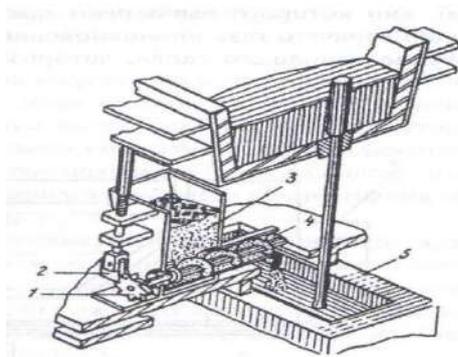


Рисунок 3. Устройство для механической подачи защитной смеси в кристаллизатор [5, 6]: 1 – храповое колесо; 2 – исполнительный механизм; 3 – бункер со смесью; 4 – вал шнека; 5 - кристаллизатор

На рисунке 4 показано конвейерное устройство для подачи порошковых смесей в кристаллизатор МНЛЗ [7], содержащее накопительный бункер 1, промежуточный бункер 2, шнековый конвейер 3 для подачи ШОС в кристаллизатор 4. Загрузка ШОС из накопительного бункера в промежуточный производится ленточным конвейером 5, а на шнековый конвейер из промежуточного бункера смесь поступает под избыточным давлением, создаваемым в промежуточном бункере.

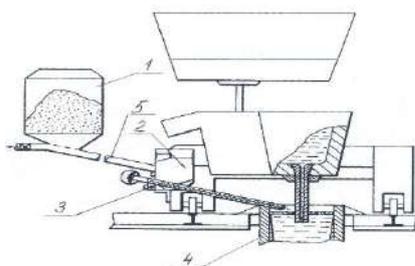


Рисунок 4. Конвейерное устройство для подачи порошковых смесей в кристаллизатор [7]: 1- накопительный бункер; 2- промежуточный бункер; 3- шнековый конвейер; 4-кристаллизатор; 5- ленточный конвейер

На рисунке 5 показано устройство для подачи порошкообразных материалов в качающийся кристаллизатор [8], содержащее бункер 1 для материала со шнековым питателем 2 и регулирующий механизм, включающий штангу-толкатель 3 с роликом 4 и упорами 5 и 6, двулучий рычаг 7 и пневмоцилиндр 8, закрепленный на боковой поверхности бункера. Ролик 4 под действием

пружины 9 контактирует с крышкой качающегося кристаллизатора. На корпусе бункера закреплена ось 10 двулучий рычага 7. Нажимные ролики одного плеча имеют возможность взаимодействовать: один ролик 11 с одним из упоров 5 или 6, закрепленных на штанге-толкателе, а другой 12 входит в паз коромысла 13, установленного с возможностью свободного качания на оси питателя и несущего на себе ось собачки 14 храпового механизма. Храповое колесо 15 закреплено на оси шнекового питателя. Ролик 16 второго плеча двулучий рычага имеет возможность взаимодействовать со штоком пневмоцилиндра 8, также закрепленного на корпусе бункера. Сбросом давления воздуха прекращается нажатие штока пневмоцилиндра 8 на ролик 16 рычага 7, после чего пружина 9 через верхний упор 5 опускает штангу-толкатель 3 с закрепленным на ней роликом 4 на поверхность элемента качающегося кристаллизатора и обеспечивает с ним постоянный контакт. Через ролик 4, штангу-толкатель 3, нижний 6 или верхний 5 упоры качание кристаллизатора передается ролику 11 рычага 7. Ролик 12 этого же рычага приводит в движение коромысло 13. Движение коромысла через собачку 14 преобразуется во вращательное движение шнекового питателя 2.

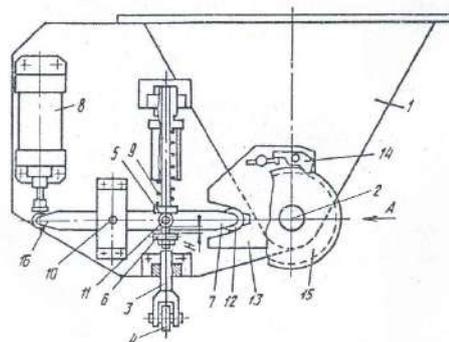


Рисунок 5. Устройство для подачи порошкообразных материалов в качающийся кристаллизатор [8]: 1- бункер; 2- шнековый питатель; 3- штанга-толкатель; 4- ролик; 5 и 6- упоры; 7- двулучий рычаг; 8- пневмоцилиндр; 9- пружина; 10- ось; 11 и 12- ролики; 13- коромысло; 14- собачка; 15- храповое колесо; 16- ролик

Известно устройство для подачи ШОС в кристаллизатор [9], содержащее два бункера 1, расположенные с противоположных торцов кристаллизатора 2, два шнековых конвейера 3 для подачи ШОС на поверхность расплава, расположенные в трубах с щелевыми отверстиями, которые выполнены под углом к горизонту с регулируемой пропускной способностью (рисунок 6). При этом бункеры выполнены с дозаторами и загрузочными устройствами, а на выходных концах труб расположены лотки 4, изменяющие угол наклона по отношению к горизонту и имеющие прорези для высыпания смеси. Для равномерного распределения ШОС по поверхности металла в кристаллизаторе, облегчения ее схода на шнековом конвейере установлен вибратор.

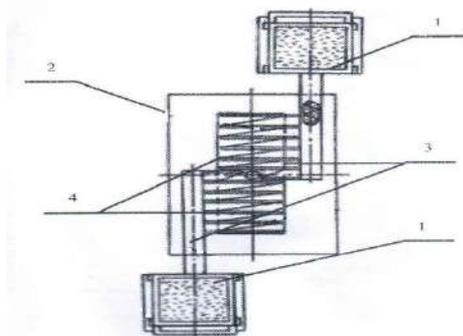


Рисунок 6. Устройство для подачи ШОС в кристаллизатор [9]:

1-бункер с ШОС; 2-кристаллизатор;
3-шнековый конвейер; 4-лоток

На рисунке 7 представлена схема устройства для непрерывной дозированной подачи ШОС в кристаллизатор слябовой МНЛЗ при отливке слябов шириной до 1,8 м [10]. В состав устройства входит рама 1, на которой смонтирована тележка 2, несущая шнековый питатель 3 с расположенным над ним расходным бункером 4. С помощью цепного привода 5 тележка имеет возможность относительного продольного перемещения. При переходе на отливку слябов меньших размеров изменением расположения концевых выключателей сокращают ход тележки. Управление работой этого устройства можно осуществлять в ручном и автоматическом режимах.

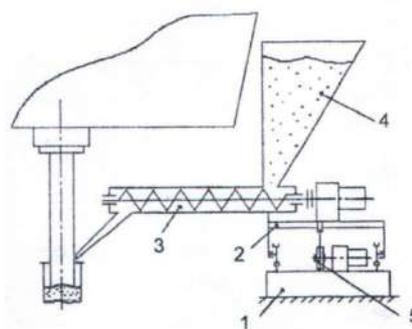


Рисунок 7. Устройство для непрерывной дозированной подачи ШОС в кристаллизатор слябовой машины непрерывного литья заготовок [10]

1 – рама; 2 – тележка;
3 – шнековый питатель; 4 – расходный бункер; 5 – цепной привод

По мнению авторов работы [11] в устройствах механизированного ввода ШОС в кристаллизаторы МНЛЗ могут эффективно применяться гибкие спиральные шнеки, использование которых снизит материалоемкость механизмов, входящих в состав этих устройств и обеспечивающих подачу порошкообразных или гранулированных ШОС.

К достоинствам шнековых устройств для подачи ШОС в кристаллизатор относятся: 1) конструктивная простота с механической точки зрения; 2) высокая надежность конвейеров шнекового типа; 3) обеспечение достаточно точного дозирования смеси; 3) легкость и безопасность в обслуживании и проведении ремонтов; 4) относительно невысокая стоимость; 5) транспортирование материала в закрытых желобах при незначительном пылеобразовании.

Недостатками приведенных устройств для подачи ШОС в кристаллизатор являются: 1) необходимость их расположения в непосредственной близости от кристаллизатора для ограничения длины шнекового механизма (такие системы часто монтируют над кристаллизатором на крышке); 2) операторам необходимо заполнять смесью небольшие бункера, что затрудняет обеспечение большого расхода смеси в случае многоручьевой МНЛЗ; 3) ухудшение доступа к кристаллизатору обслуживающего персонала; 4) необходимость иметь несколько питающих устройств со шнековым конвейером для

обеспечения подачи смеси в кристаллизатор в нескольких точках с целью равномерного распределения ШОС и обеспечения надлежащего покрытия зеркала металла в кристаллизаторе; 5) необходимость совершения дозаторами движений в двух направлениях (поперек и вдоль кристаллизатора); 6) повышенное истирание шнека и корпуса.

Попытка классификации устройств дозированной подачи порошкообразных и гранулированных материалов в кристаллизаторы МНЛЗ предпринята в работе [12]. На наш взгляд, существующие и перспективные шнековые устройства для подачи ШОС в кристаллизатор надо классифицировать по:

1) способу компоновки установки: а) моноблочная, б) многоблочная (обычно двухблочная), в) раздельная;

2) типу привода установки: а) механический, б) электромеханический, в) комбинированный (механический и пневматический или электромеханический и пневматический);

3) наличие функциональных блоков: а) блок накопления смеси, б) блок подготовки смеси, в) блок транспортировки смеси, г) блок дозировки смеси, д) блок распределения смеси по поверхности металла в кристаллизаторе;

4) функциональному назначению шнековых механизмов: а) для транспортировки; б) для перемешивания; в) комбинированное;

5) количеству шнековых механизмов: а) один; б) два; в) три; г) более трех;

6) расположению в пространстве шнековых механизмов: а) вертикально; б) горизонтально; в) наклонно;

7) типу шнекового винта: а) жесткий; б) спиральный; в) комбинированный;

8) направлению спирали шнека;

9) переменности шага и диаметра винта;

10) форме винта;

11) конструктивному исполнению винта: а) сплошное; б) лопастное; в) ленточное; г) фасонное;

12) степени автоматизации: а) неавтоматизированное, б) полуавтоматизированное; в) автоматизированное (с контроллерами на базе микропроцессорной техники, на базе микропроцессоров и мини-ЭВМ, с управлением на расстоянии, роботизированная).

Можно сформулировать следующие требования к создаваемым устройствам для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор: 1) простота и надежность установки; 2) минимальные габаритные размеры и масса установки; 3) минимальное энергопотребление установки; 4) высокая степень автоматизации установки; 5) простота позиционирования установки перед началом работы; 6) оптимальное с технологической точки зрения расположение установки на разливочной площадке.

Для условий МНЛЗ-2 электросталеплавильного цеха АО «Уральская Сталь», на которой разливаются слябы сечением 190×1200 мм и 270×1200 мм, может быть предложено устройство для подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ, приведенное на рисунке 8. В состав устройства входят: два бункера 1 с ШОС, к нижней части которых примыкают горизонтально расположенные шнековые дозаторы 2, приводимые в действие мотор-редукторами с регулируемой частотой вращения выходного вала и подающие через выходные отверстия съемных насадков 3 смесь раздельно на зеркало металла в кристаллизаторе в зоны, разграниченные погружным стаканом; тележка 4 с механизмом передвижения 5, включающим прикрепленный к раме мотор-редуктор, трансмиссию и четыре двухребордных колеса (два приводных и два холостых); рама 6 с направляющими, на которые колесами опирается тележка; датчики передвижения 7, ограничивающие перемещение тележки. При необходимости устройство для подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ может транспортироваться с помощью тележки.

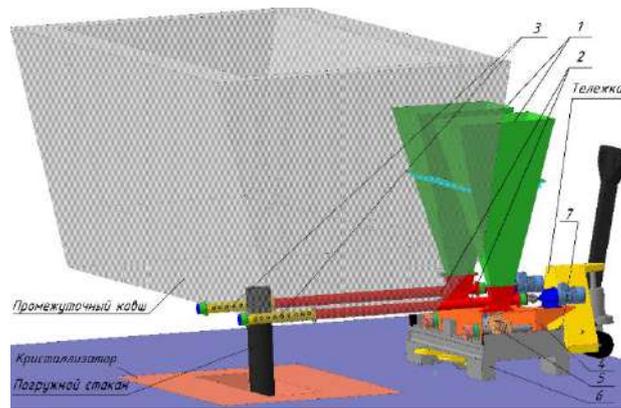


Рисунок 8. Устройство для подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ:

1 - бункера с ШОС; 2 - шнековые дозаторы; 3 - съёмные насадки с выходными отверстиями; 4 - тележка; 5 - механизм передвижения устройства; 6 - рама; 7 - датчик передвижения

Для этого устройства были рассчитаны некоторые технологические, конструктивные и энергосиловые параметры в следующей последовательности.

По технологическим условиям разливки стали на МНЛЗ-2 удельный расход ШОС составляет $q_p = 0,5$ кг/т стали.

Массовый расход стали при непрерывной разливке:

$$Q_p = b \cdot h \cdot V_p \cdot \rho_c, \text{ т/мин},$$

где b - ширина отливаемого сляба, м ($b = 1,2$ м);

h - толщина отливаемого сляба, м ($h = 0,27$ м);

V_p - скорость разливки, м/мин ($V_p = 0,95$ м/мин);

ρ_c - плотность жидкой стали ($\rho_c = 7,8$ т/м³).

Отсюда:

$$Q_p = b \cdot h \cdot V_p \cdot \rho_c = 1,2 \cdot 0,27 \cdot 0,95 \cdot 7,8 = 2,40 \text{ т/мин}$$

Требуемая массовая производительность каждого из двух шнековых дозаторов:

$$Q_m = 0,5 \cdot Q_p \cdot q_p = 0,5 \cdot 2,40 \cdot 0,5 = 0,60 \text{ кг/мин}$$

Массовая производительность горизонтального шнекового дозатора:

$Q_m = 0,25 \cdot \pi \cdot (D^2 - d^2) \cdot s \cdot n \cdot \rho_{шос} \cdot \psi, \text{ кг/мин}$
 где D - наружный диаметр витка шнека, м;
 d - диаметр вала шнека, м ($d = (0,35 \div 0,4) \cdot D$);

s - шаг витков шнека, м ($s = 0,5 \cdot D$);

n - частота вращения шнека, мин⁻¹;

$\rho_{шос}$ - насыпная плотность дозируемой ШОС ($\rho_{шос} = 900$ кг/м³).

ψ - коэффициент заполнения межвиткового пространства шнека.

При коэффициенте заполнения межвиткового пространства шнека для ШОС $\psi = 0,55$ и соотношениях основных размеров шнека: $s = 0,5 \cdot D$ и $d = (0,35 \div 0,4) \cdot D$ выражение для определения наружного диаметра витка шнека имеет вид:

$$D = \sqrt[3]{Q_m / (0,185 \cdot n \cdot \rho_{шос})}, \text{ м}.$$

Отсюда приняв $n = 60$ мин⁻¹, при $\rho_{шос} = 900$ кг/м³ находим:

$$D = \sqrt[3]{Q_m / (0,185 \cdot n \cdot \rho_{шос})} = \sqrt[3]{0,60 / (0,185 \cdot 60 \cdot 900)} = 0,04 \text{ м}$$

Определяем шаг витков шнека $s = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 0,04 = 0,02$ м и диаметр вала шнека $d = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 0,04 = 0,016$ м.

Требуемая мощность мотор-редуктора:

$$P_{дв} = 10^4 \cdot (Q_c \cdot L \cdot k / \eta) \cdot K_{дв}, \text{ Вт},$$

где Q_c - секундная производительность шнека, кг/с;

L - длина шнека, м;

k - коэффициент, учитывающий сопротивление перемещению смеси в корпусе дозатора ($k = 1,5 \div 3$);

η - коэффициент полезного действия привода дозатора ($\eta = 0,85$);

$K_{дв}$ - коэффициент запаса мощности двигателя для преодоления перегрузок ($K_{дв} = 1,3 \div 1,5$).

Отсюда:

$$P_{\text{ог}} = 10^4 \cdot (Q_c \cdot L \cdot k / \eta) \cdot K_{\text{ог}} =$$

$$= 10^4 \cdot (0,01 \cdot 1,5 \cdot 2 / 0,85) \cdot 1,4 = 494,1 \text{ Вт}$$

Требуемая мощность мотор-редуктора механизма передвижения тележки составляет 0,3 кВт.

Регулирование цикличности (частоты) подач порций материала данного устройства подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ может осуществляться в автоматическом режиме или в ручном режиме от пусковой кнопки. При автоматизации устройства на входы электродвигателей шнековых дозаторов должны подаваться сигналы, изменяющие частоту вращения шнеков с целью увеличения или снижения расхода ШОС в зависимости от усилия вытягивания слитка, разности между температурой жидкого металла и температурой шлака, толщины слоя смеси, цвета поверхности смеси в кристаллизаторе. Для обеспечения стабилизации условий литья необходимо совмещение систем автоматической подачи ШОС с другими системами автоматизации (измерения уровня металла в кристаллизаторе, измерения толщины ШОС, предотвращения прорывов и др.), контролирующими в режиме реального времени процесс формирования корочки слитка в кристаллизаторе. В России основным производителем таких систем является НПП «Техноап» (г. Москва).

Затраты на изготовление данного устройства для подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ составят 1200÷1500 тыс. рублей при сроке его окупаемости от 6 до 12 месяцев.

Использование предлагаемого устройства повысит точность дозирования и равномерность распределения ШОС по открытой поверхности металла в кристаллизаторе, оптимизирует теплоотвод от слитка к стенкам кристаллизатора, улучшит условия смазки между коркой слитка и кристаллизатором, снизит сопротивление прохождению слитка через кристаллизатор, уменьшит вероятность наступления прорывов расплавленного металла через корку слитка, повысит качество непрерывного литья и улучшит условия обслуживания персоналом оборудования в зоне разливки.

Заключение

1. Выполнен патентный обзор устройств для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор машин непрерывного литья заготовок, имеющих в своём составе шнековые конвейеры. Проанализированы достоинства и недостатки существующих устройств, выполнена их классификация.

2. Предложена конструкция шнекового устройства для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор МНЛЗ-2 АО «Уральская Сталь» и рассчитаны некоторые его технологические, конструктивные, энергосиловые параметры, оценена экономическая эффективность при внедрении устройства.

3. Применение предлагаемого устройства повысит точность дозирования и равномерность распределения ШОС по открытой поверхности металла в кристаллизаторе, оптимизирует теплоотвод от слитка к стенкам кристаллизатора, улучшит условия смазки между коркой слитка и кристаллизатором, снизит сопротивление прохождению слитка через кристаллизатор, уменьшит вероятность наступления прорывов расплавленного металла через корку слитка, повысит качество непрерывного литья и улучшит условия обслуживания персоналом оборудования в зоне разливки.

Библиографический список

1. Бровман М.Я. Кристаллизаторы установок непрерывного литья металлов / М.Я. Бровман – М.: Теплотехник, 2011. – 432 с.
2. Смирнов А.Н. Непрерывная разливка стали: Учебник / А.Н. Смирнов, С.В. Куберский, Е.В. Штепан – Донецк: ДонНТУ, 2011. – 482 с.
3. Авторское свидетельство № 221235 СССР, МПК В22D 1/111. Устройство для подачи порошкообразных шлаковых смесей в кристаллизатор / Е.И. Астров, В.В. Востоков, Д.П. Евтеев, Б.Н. Катомин, А.Д. Клипов, Н.А. Пахомов, Н.А. Полушкин, В.С. Правдин, В.С. Рутес; заявитель ЦНИИчермет им. И.П. Бардина. № 1056144/22-2; заявл. 26.02.1966; опубл. 01.07.1968, Бюл № 21.

4. Пат. 3052936 США, МКИ В22D 11/07, В22D 11/11, В22D 11/108. Method of continuously casting metals / N. Hamilton; Babcock & Wilcox Co. - № 613347; заявл. 01.10.1956; опубл. 11.09.1962.
5. Куклев А.В. Практика непрерывной разливки стали / А.В. Куклев, А.В. Лейтес - М: Metallurgizdat, 2011. - 432 с.
6. Авторское свидетельство № 262330 СССР, МПК В22D 11/00. Способ дозирования сыпучих материалов / А.М. Кондратюк, К.П. Мурзов, И.В. Поляков, Д.А. Дюдкин, И.И. Дружинин, В.Г. Осипов; заявитель Донецкий ордена Ленина металлургический завод им. В.И. Ленина. № 1164925/22-2; заявл. 19.06.1967; опубл. 21.06.1973, Бюл. № 27.
7. Пат. 4084628 США, МПК² В65В 3/10 В22D 11/11, В22D 11/108. Conveyor apparatus for delivering flux powder to the mold of a continuous casting installation / M. Schmid; Concast AG. - № 740926; заявл. 11.11.1976; опубл. 18.04.1978.
8. Авторское свидетельство № 1792797 СССР, МПК В22D 11/08. Устройство для подачи порошкообразных материалов в качающийся кристаллизатор / В.Ф. Баевский, И.И. Мицельмахер; заявитель НПО по механизации, роботизации труда и совершенствованию ремонтного обеспечения на предприятиях черной металлургии. № 4847863/02; заявл. 03.07.1990; опубл. 07.02.1993, Бюл № 5.
9. Пат. 2416488 Российская Федерация, МПК В22D 11/111. Устройство для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизатор / А.В. Куклев, И.Ф. Гончаревич, В.М. Паршин, Ю.М. Айзин, Д.Р. Ганин, А.Ю. Мануйлов; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Корад». № 2009136944/02; заявл. 07.10.2009; опубл. 20.04.2011, Бюл. № 11.
10. Еронько С.П. Опыт конструирования систем дозированной подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы машин непрерывного литья заготовок / С.П. Еронько // Чёрная металлургия: Бюл. ин-та «Черметинформация», 2011. № 11. С. 35-40.
11. Еронько С.П. Экспериментальные исследования рабочих параметров спиральных шнеков для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы МНЛЗ / С.П. Еронько, С.В. Ошовская, М.В. Ющенко, Б.И. Стародубцев // Известия высших учебных заведений. Чёрная металлургия, 2014. № 9. Том 57. С. 33-39.
12. Обзор устройств дозированной подачи порошкообразных и гранулированных материалов в промковш и кристаллизаторы машин непрерывного литья заготовок / Д.В. Туманов, А.Л. Кузьминов // Череповецкие научные чтения – 2014: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (11-12 ноября 2014 г.). Часть 3(2): Естественные, экономические, технические науки и математика / Отв. ред. К.А. Харахнин. - Череповец: изд-во ФГБОУ ВПО «Череповецкий государственный университет», 2015. – С. 166 - 169.

Information about the paper in English

D.R. Ganin, A.V. Nefedov, M.I. Murzich
 Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology MISIS
 Novotroitsk, Russian Federation
 E-mail: dmrgan@mail.ru
 Received 12.05.2017

MECHANIZED DELIVERY OF MOULD POWDERS FOR CASTER 2 OF URAL STEEL JSC

Abstract

The article presents a patent survey for units that deliver slag-forming mixes to the mould of a continuous caster equipped with a screw conveyor. The authors analysed the advantages and the drawbacks of the existing units and came up with their classification. A screw design is proposed for delivering mould powders for Caster 2 of Ural Steel JSC. Calculations were performed for some of the operational, design and power characteristics of such screw, and a feasibility study was conducted.

Keywords: mould powders; screw conveyor; mechanization; automation; continuous caster.
