



УДК 621.746.047:669.054.2

**В.В. Точилкин**

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный  
технический университет им. Г.И. Носова»  
г. Магнитогорск, Россия  
E-mail: toch56@mail.ru

**А.Н. Еремин**

ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат»  
г. Магнитогорск, Россия  
E-mail: a.n.eregin@mmk.mrk.ru

**И.М. Ячиков**

ФГАОУ ВО «Южноуральский государственный  
университет (национальный  
исследовательский университет)»  
г. Челябинск, Россия  
E-mail: iachikovim@susu.ru

**Г.А. Подосян**

Уральский федеральный университет им. первого  
Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург, Россия  
E-mail: ga.podosuan@yandex.ru  
Дата поступления 19.12.2022

## МОДЕРНИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИЙ ОБОРУДОВАНИЯ ПРИЕМНОЙ КАМЕРЫ ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОВША МНОГОРУЧЬЕВОЙ СЛЯБОВОЙ МАШИНЫ НЕПРЕРЫВНОГО ЛИТЬЯ ЗАГОТОВОК

### Аннотация

Рассмотрена конструкция модернизируемого металлургического агрегата - промежуточного ковша МНЛЗ, оснащенного стопорами для регулирования движения потоков стали в кристаллизатор. Промежуточный ковш (ПК) оснащается устройством для приема вертикально падающей струи стали из сталеразливочного ковша - приемником металла, рациональная компоновка гидромеханических отверстий которого, позволяет обеспечить устойчивую работу оборудования ПК и получить качественный металл с низким содержанием неметаллических включений.

**Ключевые слова:** машина непрерывного литья заготовок, кристаллизатор, промежуточный ковш, гидромеханика, конструкции огнеупорные.

### Введение

В данной работе предложена новая компоновка оборудования промежуточного ковша четырех ручьевого слябовой машины. Представлены особенности конструкций специального приемника металла и специфики распределения потоков стали при использовании модернизированных конструкций [1, 2].

### Основная часть

Основные элементы системы металлургических агрегатов, задающих условия

для приема и продвижения жидкого металла в кристаллизаторы слябовой машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), даны на рисунке 1 [3]. Одним из основных компонентов системы - промежуточный ковш (ПК) [4]. Рассматриваемая МНЛЗ обеспечивает получение непрерывно литых заготовок из двух кристаллизаторов в виде четырех ручьев. Внутреннее пространство каждого из кристаллизаторов разделено специальной перемычкой, что обеспечивает рациональную работу в зоне вторичного охлаждения конструкций машины для четырех ручьев. Наиболее сложный объект

в данной системе – промежуточный ковш. Он содержит одну приемную камеру и две разливочные. Каждая из разливочных камер снабжена двумя разливочными отвер-

ствиями, над которыми расположены механизмы для дозирования стали в кристаллизаторы – стопорные устройства.

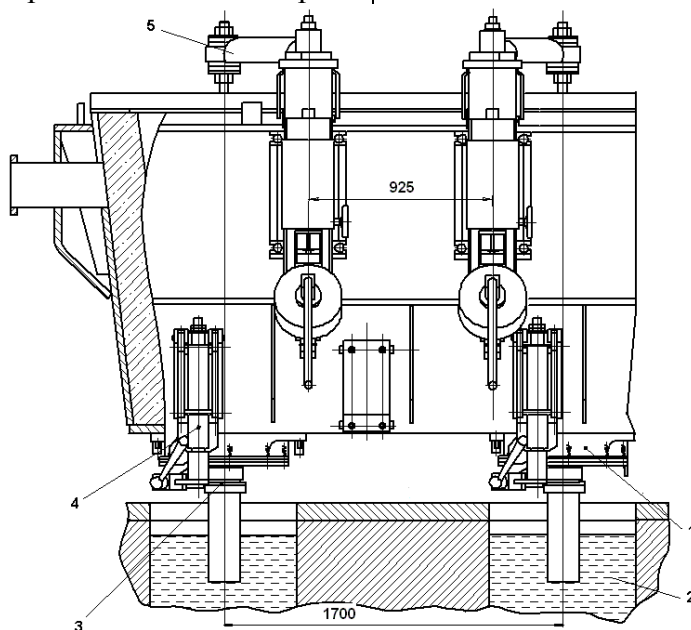


Рисунок 1. Элементы системы приемный (промежуточный) ковш – кристаллизатор: 1- ПК; 2 – кристаллизатор; 3 – погружной стакан; 4 – механизм замены погружного стакана

Для обеспечения рационального слива жидкой стали в агрегаты системы из сталеразливочного ковша (СРК) в ПК обязательно формируют приемную камеру. В заданном положении объема приемной камеры ПК, относительно струи стали из СРК, располагают металлоприемник (М). Для дальнейшего продвижения металла в ПК применяют различные конструкции внутреннего объема ПК: гасители, поперечные устройства – перемычки (перегородки, пороги), выступы и т.п. [5]. Конструкции разливочных агрегатов выполняют ключевую роль в создании условий для рационального перемещения струй металла, начиная от сталеразливочного ковша через защитную трубу СРК в ПК и далее через погружные стаканы в кристаллизаторы. Они выполнены в виде конструкций различной конфигурации, имеют специфическую компоновку. Для обеспечения рационального отделения неметаллических включений в объемах агрегатов системы необходимо обеспечивать рациональные периоды прохождения жидкого металла.

Для оценки разрабатываемых конструкций системы агрегатов приведены математическая постановка задачи и оценка

результатов расчета полей потоков жидкого металла. Основное внимание было уделено оценке распределения линий тока жидкого металла. При этом рассматривались элементы системы: при наличии разработанных модернизированных конструкций и без приспособлений для управления потоками жидкой стали, таких как приемник приемной камеры ПК, гасители, пороги и т.п. [7]. Предложены и составлены уравнения движения стали, уравнения неразрывности жидкости. Особое внимание уделено конфигурации рассматриваемым моделям агрегатов [8].

В качестве ПК рассматривается переливное распределительное устройство прямоугольной формы. Считаем, что поток жидкого металла непрерывно выливается их промежуточного ковша. В результате создаются условия стационарного течения жидкого металла, который представляем в виде вязкой и несжимаемой ньютоновской жидкости [6].

Для полной постановки задачи необходимо было: задать скорость потока металла у входного отверстия (скорость металла, поступающего из сталеразливочного ковша при наличии защитной трубы и без

нее); и давление у выходного отверстия (приняли равным атмосферному); приняли градиенты скоростей в плоскостях симметрии и на свободных поверхностях равными нулю; считаем вектора скоростей у твердых стенок (например, бортов промежуточного ковша) равным нулю [9].

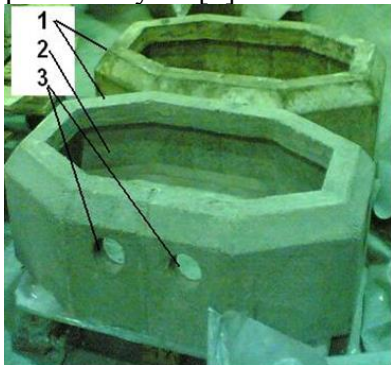


Рисунок 2. Приёмник жидкого металла из сталеразливочного ковша: 1 - приёмники; 2 – отверстие для прохождения металла из СРК; 3 – отверстия для распределения потоков металла

Задача состоит в том, что по данной геометрии агрегатов и узлов системы машины и параметров, для проходящей через рассматриваемые устройства жидкой стали, рассчитать следующие параметры: распределение и оценка скоростей в потоках; пространственное распределение параметров турбулентности; распределение неметаллических включений при движении.

Представлены конструкциям приемной камеры ПК для приема металла (рисунок 2). Оценка параметров движения потоков металла в приемной камере позволила разработать конфигурацию приемников металла и предложить варианты их расположения в камере. При разработке конструкций приемников металла из сталеразливочного ковша и месте их расположения учитывалась специфика расположения линий тока жидкого металла из СРК [10].

Было отмечено, что без устройств для регулирования движения металла в приемной камере поток обладает более развитой турбулентностью. Использование модернизируемых конструкций приемников металла в промежуточном ковше обеспечивает модельный поток более стабильным. Через отверстия 3 (см. рисунок 2) создаются наклонные затопленные струи металла в сторону разливочных камер, что

стабилизирует движение металла за стопами разливочных отверстий.

Особое внимание было уделено конструкциям отверстий приемников металла подающих металл в разливочные камеры ПК. С учетом специфики технологии разливки металла на МНЛЗ определены место расположения, размеры и угол наклона переливных отверстий из приемника металла [7].

Новые элементы ПК обеспечивают снижение массы используемых огнеупоров в ковше при сохранении качественных показателей металла.

### Заключение

1. На основе теоретических и экспериментальных исследований созданы конструкции систем распределения потоков (СРП) стали в приемной и разливочной камерах ПК многоручьевой слябовой МНЛЗ, на базе новых элементов СРП стали: донного металлоприемника с переливными боковыми отверстиями; перегородки с переливными отверстиями; блоков (порогов и блоков с подачей аргона) с переливными отверстиями.
2. Выявлено, что применение новых элементов СРП позволяет организовать рациональное течение металла по объему промежуточного ковша, снизить скорости металла в объеме ковша до допустимых (менее 0,12 м/с).
3. Наиболее важный результат исследований состоит в том, что показано, что применений новых конструкций в объеме агрегатов системы для прохождения жидкой стали обеспечивает стабилизацию турбулентных движений металла, распределению потоков металла способствующих удалению неметаллических включений по всей структуре объемов агрегатов МНЛЗ., что способствует получению качественной литой заготовки.

### Библиографический список

1. Gushchin, V.N. Technical solutions for controlling flows of melts in the tundishes of continuous casters / V. N. Gushchin, V. A. Ul'yanov, V. A. Vasiliev // Metallurgist. 2011. Vol. 54, № 9/10. P. 591–593.

2. Непрерывная разливка стали. Расчеты медных кристаллизаторов / Ячиков И.М., Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Ларина Т.П., Петров И.Е. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 190 с.
3. Конструкции и расчет металлоприемника промежуточного ковша симметричной одноручьевого МНЛЗ / Вдовин К.Н., Точилкин Вас. В., Добрынин С.М., Мельничук Е.А., Точилкин В.В. // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2019. Т.17. № 3. С. 25–30.
4. Модернизация и модельные исследования манипулятора для замены защитной огнеупорной трубы при непрерывной разливке стали / Еронько С.П., Данилов В.Л., Ткачев М.Ю., Тиняков В.В., Пономарева Е.А. // *Металлург*. 2020. № 4. С. 30–35.
5. Multiphase flow modeling of slag entrainment during ladle change-over operation / Rodolfo D. Morales, Saul Garcia-Hernandez, Jose de Jesus Barreto [et al.] // *Metallurgical and Materials Transactions B*. 2016. Vol. 47. № 4. P. 2595–2606.
6. Вдовин К.Н., Точилкин В.В., Ячиков И.М. Разработка огнеупорных конструкций для промежуточного ковша сортовой МНЛЗ // *Новые огнеупоры*. 2015. № 11. С. 3–7.
7. Точилкин В.В. Методика расчета металлоприемника промежуточного ковша МНЛЗ // *Ремонт. Восстановление. Модернизация*. 2008. № 6. С. 44–47.
8. Гидравлический привод и средства автоматизации металлургических машин: учебник / Н.А. Чиченев, В.В. Точилкин, А.В. Нефедов, С.Н. Басков. Новотроицк: НФ НИТУ «МИСиС», 2017. 198 с.
9. Chichenev N.A. Reengineering of the slab-centering unit of a roughing mill stand // *Metallurgist*. 2018. Vol. 62. №. 7-8. P. 701–706.
10. Sotnikov, A. L. Monitoring alignment of mold oscillatory motion with CCM process stream axis / A. L. Sotnikov, A. A. Sholomitskii // *Metallurgist*. - 2017. Vol. 60. №. 9/10. P. 1046–1053.

---

*Information about the paper in English*

**V.V. Tochilkin**

Nosov Magnitogorsk State Technical University  
Magnitogorsk, Russia  
E-mail: toch56@mail.ru

**A.N. Eremin**

PJSC Magnitogorsk Iron and Steel Works  
Magnitogorsk, Russia  
E-mail: a.n.eremin@mmk.mrk.ru

**I.M. Yachikov**

South Ural State University (National Research University)  
Chelyabinsk, Russia

**G.A. Podosyan**

Ural Federal University  
Yekaterinburg, Russia

E-mail: ga.podosuan@yandex.ru  
Receipt date: December 19, 2022

MODERNIZING THE METALLURGICAL FACILITY, A TUNDISH OF A CONTINUOUS CASTING MACHINE, FACTORING INTO STEEL FLOWS IN THE TUNDISH

**Abstract**

The paper describes the structure of the modernized metallurgical facility, the tundish of the continuous casting machine, equipped with stoppers to control steel flows into the mold. The tundish is equipped with a steel reservoir of the receiving chamber of the tundish with a reasonable layout of hydromechanical holes to ensure a steady operation of the tundish equipment and produce good quality steel with low content of non-metallic inclusions.

**Keywords:** continuous casting machine, mold, tundish, fluid mechanics, refractory structures.

---