

УДК 669.18

EDN: LMTEUF

^{1,}Еронец С. П., ¹Ошовская Е. В., ¹Прилуцкий М. И., ²Петров П. А., ²Петров М. П.**¹Донецкий национальный технический университет,**²Донбасский государственный технический университет***E-mail: ersp52@mail.ru*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСТЕКАНИЯ ШЛАКООБРАЗУЮЩЕЙ СМЕСИ ПО ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛА В КРИСТАЛЛИЗАТОРЕ МНЛЗ

Описана методика проведения и результаты физического моделирования процесса растекания шлакообразующей смеси на поверхности жидкой стали в кристаллизаторе машины непрерывного литья блюмовых заготовок крупного круглого сечения. Приведены рекомендации по практическому применению полученных данных при разработке новых систем механизированной подачи порошковых и мелкогранулированных материалов, обеспечивающих высокую степень равномерности их распределения на зеркале металла.

Ключевые слова: кристаллизатор, шлакообразующая смесь, растекаемость сыпучего материала, моделирование, физическое подобие.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Подача порошкообразной или мелкогранулированной шлакообразующей смеси (ШОС) на поверхность жидкого металла в кристаллизаторе машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ) является обязательной вспомогательной операцией при реализации современной технологии разлива стали [1–6]. Данная смесь, расплавляясь, выполняет несколько важных функций: уменьшает отдачу тепла с зеркала металла в кристаллизаторе и устраняет образование на нем твердой корочки; предотвращает вторичные окисления при контакте поверхностного слоя расплава с атмосферой; ассимилирует всплывающие в шлак неметаллические включения; уменьшает силы трения между заготовкой и стенками кристаллизатора за счет наличия жидкого слоя шлака; повышает равномерность и позволяет регулировать интенсивность теплоотвода от твердой корочки к стенке кристаллизатора; улучшает качество поверхности непрерывно литой заготовки.

Многолетний опыт применения ШОС при непрерывной разливке металла в сталеплавильных цехах отечественных и зарубежных металлургических предприятий свидетельствует о том, что показатели технико-

экономической эффективности ее использования существенно растут в случае перехода с ручной подачи на механизированную. Это послужило мотивацией начала активного проведения научно-исследовательских работ, связанных с созданием перспективных образцов пневматических, механических и пневмомеханических систем, позволяющих освободить разлильщики стали от выполнения изнуряющей операции по вводу с помощью деревянных гребков мелкодисперсного материала на свободную поверхность жидкой стали в кристаллизаторе МНЛЗ [7–9]. Указанные исследования стали особо актуальными в связи с запуском в производство машин для литья блюмовых заготовок круглой формы диаметром от 800 до 1200 мм [10]. С целью достижения равномерного распределения шлакообразующей смеси в кристаллизаторах при получении заготовок особо крупного сечения ведутся разработки установок, снабженных одним или двумя носками, через которые подают с требуемым расходом шлакообразующую смесь, а сами носки совершают в пространстве над поверхностью металла перемещение по траектории, задаваемой с помощью механизмов, функционирующих по командам блока автоматизированного управления.

Для обеспечения рациональных расходов шлакообразующей смеси, ее равномерного и полного распределения по всему сечению кристаллизатора при конструировании и расчете параметров работы структурных механизмов таких систем необходима информация о процессе растекания предполагаемых к использованию ШОС.

Цель работы. Невозможность установления в производственных условиях точной картины процесса рассредоточения по поверхности расплава струи порошкообразного материала, высыпающегося из направляющего носка, предопределяет целесообразность проведения лабораторных экспериментов с использованием физического моделирования с целью получения исходной информации, позволяющей принимать рациональные технические решения при создании вспомогательного технологического оборудования данного класса.

Изложение материала и результатов исследования. В соответствии с положениями данного метода экспериментально-го исследования процесса механического взаимодействия шлакообразующей смеси с жидким металлом в момент их контакта необходимо соблюдение геометрического, кинематического и динамического подобия. Для этого, прежде всего, следует подобрать их имитаторы, соотношение плотностей которых было бы таким же, как у расплава стали и ШОС. Кроме того, текучести реальной шлакообразующей смеси и выбранного ее имитатора не должны сильно различаться.

Плотность стали в жидком состоянии, как известно, равна 7000 кг/м^3 . По данным работы [1], насыпная плотность гранулированных смесей ориентировочно может составлять 600 кг/м^3 , а порошкообразных — в пределах $800\text{--}1000 \text{ кг/м}^3$. При этом соотношение плотностей металлического расплава и ШОС в первом случае равно 11,7, а во втором — 7–8,8.

В ходе физического моделирования гидродинамических процессов, протекающих во время разлива стали, в качестве

ее имитатора рекомендуется использовать воду, имеющую одинаковую с нею кинематическую вязкость при соответствующих температурах. Так, значения кинематической вязкости воды при температуре $20 \text{ }^\circ\text{C}$ и жидкой стали при температуре $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ практически одинаковы и составляют около $1,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

С учетом того, что плотность воды равна 1000 кг/м^3 , для обеспечения идентичных соотношений плотностей при модельных экспериментах в качестве имитатора гранулированной смеси выбрали мелко перетертые сухие сосновые опилки с насыпной плотностью 90 кг/м^3 , а для имитации порошкообразной смеси использовали еловые опилки, насыпная плотность которых составляла 120 кг/м^3 .

Сопоставление текучести реальной шлакообразующей смеси и выбранного ее имитатора выполнили с использованием устройства, конструктивная схема которого показана на рисунке 1. Оно включает стойку 1, закрепленную на основании 2 с размещенной на нем круглой пластиной 3. На данной пластине в центре установлен полый цилиндр 4 из прозрачного материала с гладкой внутренней поверхностью. К верхней его торцевой части жестко прикреплен стержень 5, размещенный с возможностью относительного перемещения в направляющей втулке 6, закрепленной на нижней консоли 8. Верхний конец стержня связан с нижним концом пружины растяжения 9, верхний конец которой прикреплен ко второй консоли 10. Для фиксации пружины во взведенном состоянии служит чека 7, вставляемая в отверстие, выполненное в верхней части направляющего стержня 5.

Опыты для порошковой ШОС и древесных опилок провели в следующей последовательности. Полый прозрачный цилиндр 4 устанавливали на пластине 3 и нижнюю консоль 8, удерживающую направляющую втулку 6, перемещали вверх относительно стержня 5 и останавливали в положении, при котором выпол-

МАШИНОСТРОЕНИЕ

ненное в нем отверстие оказывалось под нижним торцом направляющей втулки 6. После этого консоль 8 жестко фиксировали на стойке 1, а в отверстие стержня вставляли чеку 7. Затем над нижней консолью на требуемом от нее удалении на стойке жестко закрепляли верхнюю консоль 10 и на ней подвешивали пружину 9, которую растягивали и вторым концом соединяли со стержнем 5.

Через отверстие в верхней части полость прозрачного цилиндра заполняли сыпучим материалом (фото на рис. 2, а) и выдергивали чеку. При этом взведенная пружина, резко сжимаясь, быстро поднимала в верхнее положение стержень и цилиндр, из полости которого материал высыпался на пластину образуя конус с определенным углом откоса (фото на рис. 2, б). Измеренные диаметры D и углы φ_0 (см. рис. 1) конусов, образовавшихся после высыпания шлакообразующей смеси и ее имитатора, соответственно составили: $D_{см} = 290$ мм, $D_{ис} = 280$ мм и $\varphi_{0см} = 45^\circ$, $\varphi_{0ис} = 50^\circ$, что свидетельствовало об идентичности их сыпучих свойств.

Второй этап модельных исследований был связан с изучением динамического взаимодействия имитатора шлакообразующей смеси с поверхностью воды в модели кристаллизатора в ходе симуляции процесса подачи ШОС. В соответствии с теорией планирования эксперимента, параметром являлся диаметр D пятна, образующегося на поверхности модельной жидкости при попадании на нее порции имитатора шлакообразующей смеси. В качестве трех независимых факторов, влияющих на исследуемую величину, выбраны: высота падения H имитатора ШОС, т. е. расстояние от выходного отверстия подающего носка до свободной поверхности модельной жидкости; расход Q_V (интенсивность подачи) имитатора ШОС; отношение плотности модельной жидкости к насыпной плотности имитатора шлакообразующей смеси k_p .

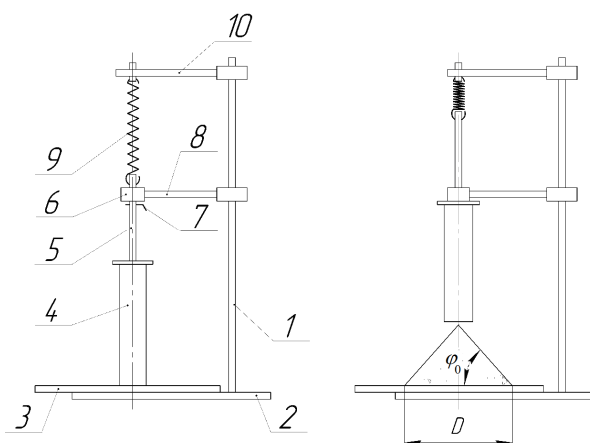


Рисунок 1 — Конструктивная схема устройства для оценки растекаемости сыпучих материалов

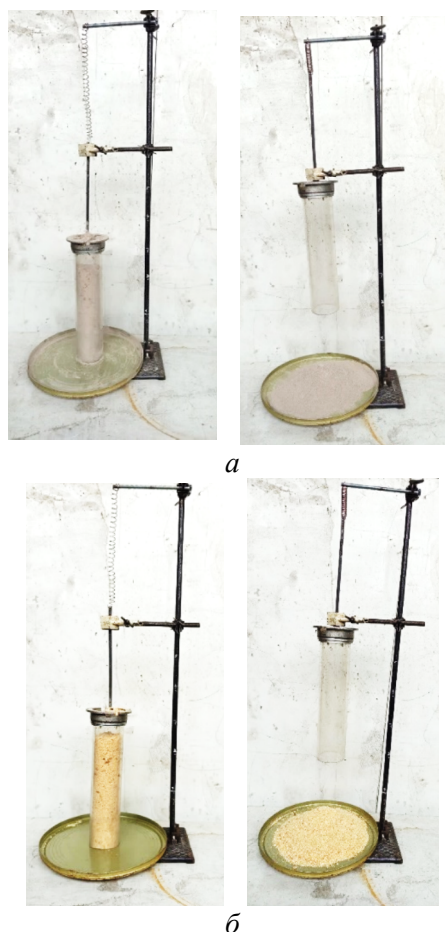


Рисунок 2 — Заполненный мелкодисперсным материалом цилиндр и форма образовавшегося конуса при высыпании шлакообразующей смеси (а) и ее имитатора (б)

С целью получения экспериментальных данных, характеризующих степень влияния выбранных независимых факторов на моделируемый процесс, изготовили второе устройство, схематично представленное на рисунке 3. Оно включает тарельчатой формы сосуд 1, над которым размещена воронка 2, закрепленная с возможностью относительно перемещения в вертикальном направлении и фиксации на заданной высоте с помощью винтового зажима 3 на стойке 4, установленной на опорной пластине 5. Размеры данного устройства выполнены в масштабе 1:4 по отношению к реальным условиям реализации процесса подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ при литье заготовок круглого сечения диаметром 1200 мм с учетом высоты падения порошкообразной смеси, составляющей 300–400 мм, а также ее объемного расхода, находящегося в пределах 0,6–1,2 дм³/мин [1].

С учетом выбранного линейного масштаба $m_1=4$ в ходе моделирования процесса растекания шлакообразующей смеси ее имитатор подавали на поверхность жидкости (воды) в тарельчатом сосуде из воронки, выходное отверстие которой находилось на высоте 75 и 100 мм. Расход имитатора ШОС составлял 0,16 и 0,32 см³/с. При этом по плану двухуровневого 3-факторного эксперимента провели серию из восьми основных опытов и трех опытов в центре плана. В ходе экспериментов для установленных значений трех независимых факторов осуществляли подачу заданной порции имитатора шлакообразующей смеси и после ее растекания контролировали диаметр D образовавшегося пятна (фото на рис. 4). План эксперимента и полученные результаты измерений приведены в таблице 1.

Общий вид уравнения регрессии при трехфакторном эксперименте представляется выражением

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3, \quad (1)$$

где y — параметр; x_1, x_2, x_3 — факторы в кодированном виде; b_0, b_i, b_{ij} — коэффициенты регрессии; $i, j = 1..3, i \neq j$.

В таблице 2 приведены рассчитанные значения коэффициентов регрессии и представлена проверка их значимости по критерию Стьюдента. Табличное значение критерия Стьюдента при уровне значимости $\alpha=0,1$ и числе степеней свободы дисперсии воспроизводимости $f_e=2$ равно $t_{\tau}=2,92$.

Можно отметить, что коэффициенты регрессии при взаимодействиях факторов оказались незначимыми и их следует исключить из уравнения регрессии. Наибольшее влияние на параметр эксперимента y оказывает отношение плотности модельной жидкости к насыпной плотности имитатора шлакообразующей смеси k_p . Влияние расхода Q_V и высоты падения H имитатора ШОС соответственно в 1,44 и 2,6 раза меньше. При увеличении любого из факторов будет происходить рост пятна, образуемого на поверхности модельной жидкости при попадании на нее порции имитатора.

После преобразования факторов из кодированной формы в натуральную уравнение регрессии (1), описывающее зависимость исследуемого параметра (диаметра пятна имитатора шлакообразующей смеси) от трех учитываемых факторов, имеет вид

$$D = -49,583 + 0,25 \cdot H + 70,3125 \cdot Q_V + 5,417 \cdot k_p. \quad (2)$$

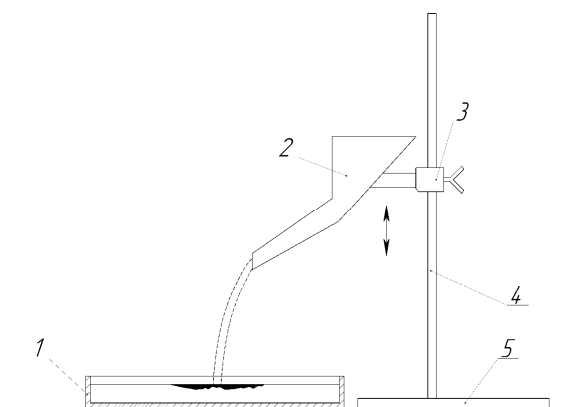


Рисунок 3 — Схема устройства для получения информации о форме и размерах пятна, образуемого после растекания имитатора ШОС по поверхности модельной жидкости

МАШИНОСТРОЕНИЕ

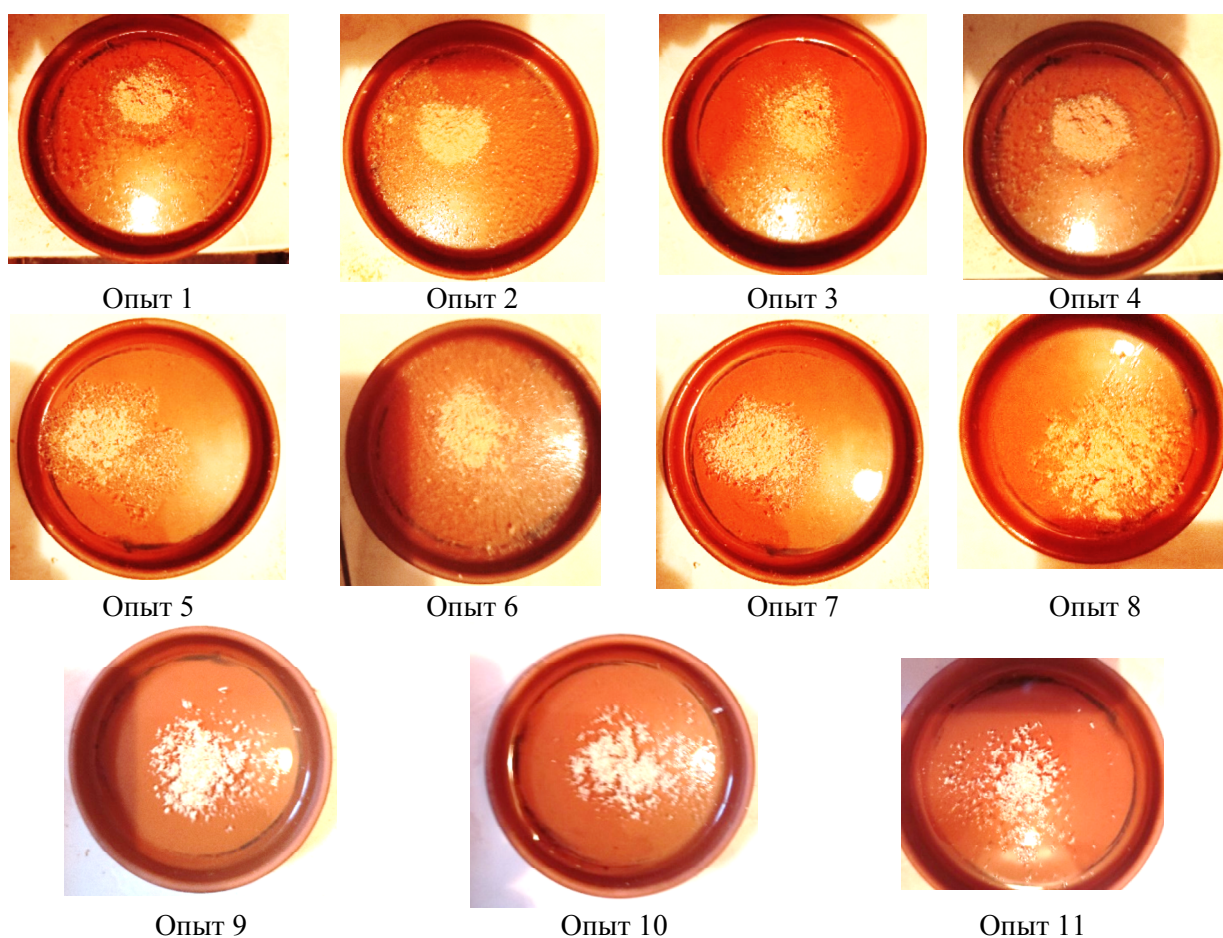


Рисунок 4 — Форма пятен, образовавшихся на поверхности модельной жидкости при попадании на нее имитатора шлакообразующей смеси

Таблица 1

План эксперимента и результаты проведенных опытов по контролю формы и размеров пятна растекания имитатора ШОС на поверхности модельной жидкости

Номер опыта	Кодированные факторы			Натуральные факторы			Параметр $y = D$, мм
	x_1	x_2	x_3	H , мм	Q_V , см ³ /с	k_p	
1	-1	-1	-1	75	0,16	8	25
2	+1	-1	-1	100	0,16	8	30
3	-1	+1	-1	75	0,32	8	35
4	+1	+1	-1	100	0,32	8	40
5	-1	-1	+1	75	0,16	11	40
6	+1	-1	+1	100	0,16	11	45
7	-1	+1	+1	75	0,32	11	50
8	+1	+1	+1	100	0,32	11	60
9	0	0	0	87,5	0,24	9,5	45
10	0	0	0	87,5	0,24	9,5	42
11	0	0	0	87,5	0,24	9,5	40

Таблица 2

Значения коэффициентов регрессии и оценка их значимости

Коэффициент регрессии	b_0	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}	b_{23}
		40,625	3,125	5,625	8,125	0,625	0,625
Расчетное значение критерия Стьюдента	t_{p0}	t_{p1}	t_{p2}	t_{p3}	t_{p12}	t_{p13}	t_{p23}
	45,66	3,51	6,32	9,13	0,7	0,7	0,7
Проверка условия значимости*	+	+	+	+	-	-	-

*«+» Условие выполняется, коэффициент регрессии значимый.

«-» Условие не выполняется, коэффициент регрессии незначимый.

Данные физического моделирования процесса растекания шлакообразующей смеси на поверхности жидкой стали в кристаллизаторе МНЛЗ и результаты их математической обработки позволили установить возможные траектории движения направляющих носков, из которых ШОС истекает на зеркало металла, для обеспечения максимально возможной степени равномерности ее распределения. На рисунке 5 показаны характерные картины образующихся шлейфов смеси при одном проходе направляющих носков по предварительно задаваемой траектории с учетом размера поперечного сечения отливаемой круглой блюмовой заготовки и предполагаемого диаметра образующегося пятна растекания порошкообразного материала.

Полученные зависимости (1) и (2) предназначены для разработки программного блока управления функционированием в автоматическом режиме структурных механизмов систем нового поколения механизированной подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы МНЛЗ при производстве блюмовых заготовок крупного круглого сечения.

Результаты модельных исследований использованы авторами при создании передовых образцов систем механизированной подачи шлакообразующих смесей в условиях непрерывного литья блюмовых заготовок крупного и особо крупного круглого сечения [11, 12]. Новизна предложенной разработки защищена патентом на изобретение Российской Федерации [13].

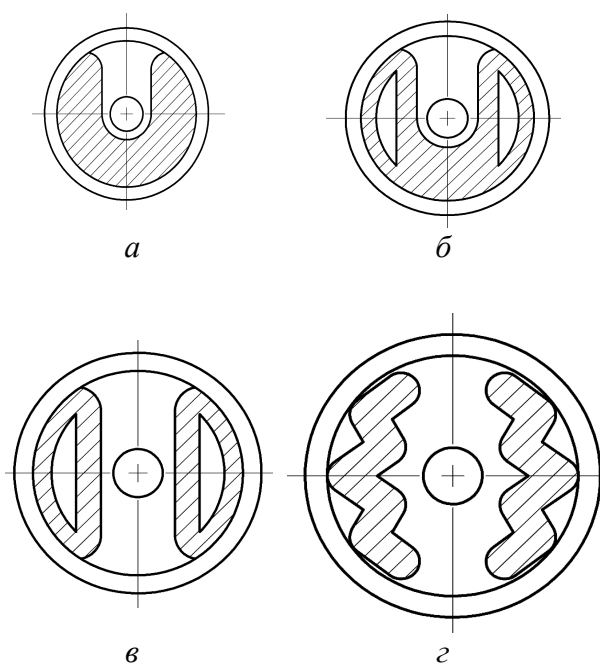


Рисунок 5 — Вид шлейфов имитатора ШОС, образующихся при различной траектории движения направляющих носков над поверхностью жидкости в модели кристаллизатора во время имитации литья круглой заготовки диаметром 600 мм (а), 800 мм (б), 1000 мм (в) и 1200 мм (г)

Выводы и направления дальнейших исследований. Результаты выполненных исследований процесса растекания шлакообразующих смесей послужат базовой основой при разработке алгоритмов управляющих команд, подаваемых приводам механизмов перемещения направляющих носков для реализации нужной траектории их движения над поверхностью жидкой стали в кристаллизаторе МНЛЗ, обеспечи-

вающей максимально возможную степень равномерности покрытия зеркала металла вводимой шлакообразующей смесью, что в конечном счете позволит повысить эффек-

тивность ее применения и улучшить качество производимой блюмовой заготовки большого круглого сечения.

Список источников

1. Куклев А. В., Лейтес А. В. *Практика непрерывной разливки стали*. М. : Metallurgizdat, 2011. 428 с. EDN QNCXMX
2. Смирнов А. Н., Куберский С. В., Штепан Е. В. *Непрерывная разливка стали*. Донецк : ДонНТУ, 2011. 482 с.
3. Вдовин К. Н., Точилкин В. В., Ячиков И. М. *Непрерывная разливка стали*. Гидромеханика машин непрерывного литья заготовок. Магнитогорск : Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2014. 348 с. EDN TSQULF
4. Валуев Д. В., Гизатулин Р. А. *Непрерывная разливка стали и сплавов : учебное пособие*. Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2014. 406 с.
5. Шахов С. И., Шахов Д. С. *Модернизация машин непрерывного литья стали с целью повышения качества готовой продукции // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2018. № 10 (1426). С. 50–61. EDN YMQXZB
6. Столяров А. М., Селиванов В. Н. *Непрерывная разливка стали. Машины непрерывного литья заготовок: учебное пособие*. Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2020. 192 с. EDN YMHXL
7. Ганин Д. Р., Лицин К. В., Шевченко Е. А. *Обзор и анализ устройств для подачи шлакообразующих смесей в кристаллизаторы машин непрерывного литья заготовок // Черная металлургия. Бюллетень научно-технической и экономической информации*. 2018. № 1. С. 58–64. EDN YSCZOO
8. Файто Э. Ю., Ганин Д. Р. *Обзор и анализ пневматических и пневмомеханических устройств для подачи ШОС в кристаллизатор МНЛЗ // Наука и производство Урала*. 2018. Вып. 14. С. 77–82. EDN XWRAJF
9. Никифорова Э. Ю., Ганин Д. Р. *Пневмомеханическое устройство подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор МНЛЗ // Наука и производство Урала*. 2019. № 15. С. 47–48. EDN PSWWIV
10. *Xingcheng Special Steel is the first in the world to cast 1200-millimeter round blooms // Iron & Steel Review*. 2022. Vol. 65. No. 8. P. 1–2.
11. *Система механизированной подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор МНЛЗ при отливке заготовок особо крупного круглого сечения / С. П. Еронько, Е. В. Ошовская, М. И. Прилуцкий, В. Э. Серегин // Металлург*. 2025. № 3. С. 124–128. DOI: 10.52351/00260827_2025_3_124 EDN ZKRPYA
12. *Система механизированной подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор блюмовой МНЛЗ нового типа / С. П. Еронько, Е. В. Ошовская, М. И. Прилуцкий, В. Э. Серегин // Сталь*. 2025. № 7. С. 9–13. EDN UWOMMC
13. *Устройство для механизированной подачи шлакообразующей смеси в кристаллизатор машины непрерывного литья заготовок квадратного и круглого сечений : пат. 2849762 РФ / С. П. Еронько, М. И. Прилуцкий, В. Э. Серегин ; № 2024126437 ; заявл. 06.09.2024 ; опубл. 29.10.2025, Бюл. № 31.*

© Еронько С. П., Ошовская Е. В., Прилуцкий М. И., 2026

© Петров П. А., Петров М. П., 2026

Рекомендована к печати д.т.н., проф. каф. ОПМиМС ДонНТУ Неченаевым В. Г., к.т.н., доц., зав. каф. ММК ДонГТУ Денисовой Н. А.

Статья поступила в редакцию 20.02.2026.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Еронько Сергей Петрович, д-р техн. наук, профессор каф. механического оборудования заводов черной металлургии им. В. Я. Седуша
Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Россия, e-mail: ersp52@mail.ru

Ошовская Елена Владимировна, канд. техн. наук, доцент каф. механического оборудования заводов черной металлургии им. В. Я. Седуша
Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Россия

Прилуцкий Максим Игоревич, аспирант каф. механического оборудования заводов черной металлургии им. В. Я. Седуша
Донецкий национальный технический университет,
г. Донецк, Россия

Петров Павел Александрович, канд. техн. наук, доцент каф. машин металлургического комплекса
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

Петров Максим Павлович, аспирант каф. машин металлургического комплекса
Донбасский государственный технический университет,
г. Алчевск, Россия

***Eron'ko S. P., Oshovskaya E. V., Prilutskiy M. I.** (Donetsk National Technical University, Donetsk, Russia, e-mail: ersp52@mail.ru), **Petrov P. A., Petrov M. P.** (Donbass State Technical University, Alchevsk, Russia)

MODELING THE FLOW PROCESS OF SLAG-FORMING MIXTURE OVER THE METAL SURFACE IN A CCM CRYSTALLIZER

The methodology for conducting and the results of physical modeling of the flow process of slag-forming mixture over the molten steel surface in a continuous casting machine crystallizer for large round bloom billets are described. Recommendations are provided for the practical application of the obtained data in the development of new systems for mechanized feeding of powdery and finely granulated materials, ensuring a high degree of uniformity in their distribution on metal mirror.

Key words: crystallizer, slag-forming mixture, flowability of bulk material, modeling, physical similarity.

References

1. Kuklev A. V., Lejtes A. V. The practice of continuous steel pouring [Praktika nepreryvnoj razlivki stali]. M. : Metallurgizdat. 2011. 432 p. EDN QNCXMX
2. Smirnov A. N., Kuberskii S. V., Shtepan E. V. Continuous steel casting [Nepreryvnaya razlivka stali]. Donetsk : DonNTU. 2011. 482 p.
3. Vdovin K. N., Tochilkin V. V., Yachikov I. M. Continuous steel casting. Hydromechanical engineering of continuous casting machines [Nepreryvnaya razlivka stali. Gidromekhanika mashin nepreryvnogo lit'ya zagotovok]. Magnitogorsk : Izd. Magnitogorsk gos. tekhn. un-ta. 2014. 348 p. EDN TSQULF
4. Valuev D. V., Gizatulin R. A. Continuous steel casting and alloys: a training manual [Nepreryvnaya razlivka stali i splavov : uchebnoe posobie]. Tomsk : Izd. Tomskogo politekhn. un-ta. 2014. 406 p.
5. Shahov S. I., Shahov D. S. Modernization of continuous steel casting machines to improve the quality of finished products [Modernizaciya mashin nepreryvnogo lit'ya stali s cel'yu povysheniya kachestva gotovoj produkcii]. Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information. 2018. No. 10 (1426). Pp. 50–61. EDN YMQXZB

6. Stolyarov A. M., Selivanov V. N. *Continuous casting of steel. Continuous casting machines : a training manual [Nepřeryvnaya razlivka stali. Mashiny nepřeryvnogo li-t'ya zagotovok : uchebnoe posobie]*. Moscow ; Vologda : Infra-Inzheneriya. 2020. 192 p. EDN YMHHXL

7. Ganin D. R., Licin K. V., Shevchenko E. A. *Review and analysis of devices for feeding slag-forming mixtures into the crystallizers of continuous casting machines [Obzor i analiz ustrojstv dlya podachi shlakobrazuyushchih smesey v kristallizatory mashin nepřeryvnogo lit'ya zagotovok]*. *Ferrous metallurgy. Bulletin of scientific, technical and economic information*. 2018. No. 1. Pp. 58–64. EDN YSCZOO

8. Fajto E. Yu., Ganin D. R. *Review and analysis of pneumatic and pneumomechanical devices for feeding SFM into the continuous casting machine [Obzor i analiz pnevmaticheskikh i pnevmomekhanicheskikh ustrojstv dlya podachi SHOS v kristallizator MNLZ]*. *Nauka i proizvodstvo Urala*. 2018. Iss. 14. Pp. 77–82. EDN XWRAJF

9. Nikiforova E. Yu., Ganin D. R. *Pneumomechanical device for feeding slag-forming mixture into the CCM crystallizer [Pnevmomekhanicheskoe ustrojstvo podachi shlakobrazuyushchej smesi v kristallizator MNLZ]*. *Nauka i proizvodstvo Urala*. 2019. No. 15. Pp. 47–48. EDN PSWWIV

10. *Xingcheng Special Steel is the first in the world to cast 1200-millimeter round blooms. Iron & steel review*. 2022. Vol. 65. No. 8. Pp. 1–2.

11. Eron'ko S. P., Oshovskaya E. V., Priluckiy M. I., Seregin V. E. *System for mechanized feeding of slag-forming mixture into the continuous casting machine crystallizer for casting billets of extra-large round section [Sistema mekhanizirovannoj podachi shlakobrazuyushchej smesi v kristallizator MNLZ pri ot-livke zagotovok osobo krupnogo kruglogo secheniya]*. *Metallurg*. 2025. No. 3. Pp. 124–128. DOI: 10.52351/00260827_2025_3_124 EDN ZKRPYA

12. Eron'ko S. P., Oshovskaya E. V., Priluckij M. I., Seregin V. E. *System for mechanized feeding of slag-forming mixture to the crystallizer of the new type of bloom CCM [Sistema mekhanizirovannoj podachi shlakobrazuyushchej smesi v kristallizator blyumovoj MNLZ novogo tipa]*. *Stal'*. 2025. No. 7. Pp. 9–13. EDN UWOMMC

13. *Device for mechanized feeding of slag-forming mixture into the crystallizer of a continuous casting machine for billets of square and round sections : patent 2849762 RF. Eron'ko S. P., Prilutsky M. I., Seregin V. E. ; No. 2024126437 ; submitted 06.09.2024 ; published 29.10.2025, Bul. No. 31.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Eron'ko Sergey Petrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Mechanical Equipment of Ferrous Metallurgy Plants named after prof. Sedush V. Ya.
Donetsk National Technical University,
Donetsk, Russia, e-mail: ersp52@mail.ru

Oshovskaya Elena Vladimirovna, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Mechanical Equipment of Ferrous Metallurgy Plants named after prof. Sedush V. Ya.
Donetsk National Technical University,
Donetsk, Russia

Prilutskiy Maxim Igorevich, Postgraduate of the Department of Mechanical Equipment of Ferrous Metallurgy Plants named after prof. Sedush V. Ya.
Donetsk National Technical University,
Donetsk, Russia

Petrov Pavel Aleksandrovich, PhD in Engineering, Assistant Professor of the Department of Metallurgical Complex Machines
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia

Petrov Maxim Pavlovich, Postgraduate of the Department of Metallurgical Complex Machines
Donbass State Technical University,
Alchevsk, Russia