

УДК 669.046.516

*к.т.н. Куберский С. В.,  
Завгородний С. Р.,  
Филатов М. А.,  
Федотов О. В.,  
д.т.н. Кухарев А. Л.  
(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, skuberskiy@yandex.ru)*

## ФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ОБРАБОТКИ СТАЛИ В ПРОМЕЖУТОЧНОМ КОВШЕ

*Разработана физическая модель и подобраны модельные растворы для исследования процессов электромагнитного перемешивания стали в промежуточном ковше МНЛЗ. Установлены значения удельного электросопротивления водных растворов электролитов при различном содержании в них солей, а также зависимость скорости потоков, возникающих под действием электромагнитного поля, от силы электрического тока на электродах и электромагните. Получены исходные данные для дальнейшего усовершенствования модели, исследования характера и динамики потоков, образующихся под действием электромагнитных сил.*

***Ключевые слова:** рафинирование, промежуточный ковш, непрерывная разливка, электромагнитное перемешивание, электропроводность, электролит, электроды.*

На современном этапе развития металлургической отрасли к качеству стали предъявляются достаточно высокие требования, которые обеспечиваются в процессе внепечной обработки и непрерывной разливки жидкого металла.

Технологическая схема непрерывной разливки стали представляет собой цепь узлов и агрегатов, обеспечивающих получение непрерывнолитой заготовки, контроль и повышение ее качества. Одним из ключевых узлов этой цепи является промежуточный ковш (ПК), отвечающий за распределение и подачу жидкой стали к кристаллизаторам машины непрерывного литья заготовок (МНЛЗ), гомогенизацию и рафинирование расплава.

Обработка стали в ПК является достаточно важной для современных исследователей технологической операцией, что подтверждается множеством научных публикаций, посвященных доводке стали и ее рафинированию в последней по ходу технологического процесса металлургической емкости с использованием различного рода металлоприемников, перегородок, порогов, электромагнитных и индукцион-

ных устройств, а также приспособлений для продувки металла аргоном [1–5].

Особого внимания заслуживает рафинирование металла от неметаллических включений, его усреднение и нагрев с использованием электрической дуги и электромагнитных воздействий [6], что на данный момент является весьма актуальным направлением исследований и требует детального изучения.

С целью повышения качества металла, сокращения количества технологических операций, направленных на рафинирование стали от неметаллических включений, а также усреднения расплава по температуре и химическому составу, существуют технологии, предусматривающие использование ПК, оборудованных электромагнитным перемешивателем (ЭМП) [6]. Однако такие технологии не нашли широкого применения и используются лишь в условиях небольшого количества предприятий, что обусловлено недостатком теоретических сведений и технологических закономерностей, характеризующих данный вид обработки жидкой стали. Поэтому для усовершенствования оборудования и технологии обработки ста-

ли в ПК с ЭМП необходимы комплексные фундаментальные и прикладные исследования, направленные на поиск эффективных путей снижения энергозатрат процесса и повышение качества расплава, транспортируемого через ПК в кристаллизатор МНЛЗ. Особое внимание необходимо уделить возможности оперативного управления потоками расплава в ПК, возникающими в результате воздействия на него электромагнитного поля различной интенсивности.

**Объект исследования** — промежуточный ковш МНЛЗ, оборудованный электромагнитным перемешивателем.

**Предмет исследования** — характер потоков жидкости, образующихся в ПК при воздействии на нее электромагнитного поля различной интенсивности.

**Задачи** исследования:

- разработка и изготовление физической модели ПК с ЭМП;
- подбор модельных растворов, имитирующих жидкую сталь;
- исследование влияния мощности электромагнитного воздействия на интенсивность потоков, образующихся в электропроводном растворе.

С целью определения влияния электромагнитных воздействий на расплав была разработана физическая модель ПК, оснащенного ЭМП, в масштабе 1:10 к реальному ПК Алчевского металлургического комбината емкостью 60 т и линейными размерами 7000×1200×800 мм.

Для моделирования потоков расплава в ПК были использованы электропроводные растворы достаточно доступных хлорида (NaCl), карбоната ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) и сульфата ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ) натрия в дистиллированной воде.

В качестве силовых установок, обеспечивающих работу ЭМП, использовался тиристорный возбудитель ТЕ8-320/75 (рис. 1, а), позволяющий регулировать силу тока в обмотках электромагнита и создавать утяжеление в активной зоне, а также источник постоянного тока ТИР-630 (рис. 1, б), предназначенный для подачи тока на электроды, находящиеся в активной зоне (АЗ) модели.



Рисунок 1 Источник питания ТИР-630 (а) и тиристорный возбудитель ТЕ8-32 (станция управления электромагнитом) (б)

С целью определения скорости потока, переходящего из АЗ ПК в миксерную зону (МЗ), на стенках модели были выполнены измерительные шкалы с ценой деления 1 мм. Для визуального наблюдения за характером потока и определения его скорости электролит подкрашивался водным раствором пищевого красителя, который подавался в АЗ ПК непосредственно к нижнему переливному каналу. Процесс обработки фиксировался видеокамерой с последующей обработкой отснятого материала в видеоредакторе VideoPad.

Скорость возникающих потоков электропроводного раствора рассчитывалась по визуальному определению пройденного пути за единицу времени, фиксируемого секундомером. Для повышения точности и воспроизводимости результатов измерений все опыты проводились по три раза на свежих электролитах.

Обработку полученных результатов производили с использованием программ Microsoft Excel и Statistica 10.

Представленная на рисунке 2 физическая модель была изготовлена из листового органического стекла толщиной 10 мм и состояла из активной и миксерной зон. Причем АЗ выполнена в виде отъемной от МЗ и соединена с ней путем болтового соединения.

В АЗ модели расположены плоские электроды 1, которые закреплены с помощью двух текстолитовых пластин 2. На рисунке 2 также показаны измерительные шкалы 3, установленные на наружных бо-

ковой и донной стенках модели для определения уровня рабочей жидкости в МЗ и АЗ, а также пути, пройденного потоком.

Для плавной подачи в зазор магнитопровода модель устанавливалась на тележке, изготовленной из немагнитных материалов. МЗ модели имеет размер  $700 \times 120 \times 80$  мм. АЗ представляет собой отъемную дополнительную камеру с размерами  $140 \times 60 \times 80$  мм. Зоны соединены между собой винтами через резиновую прокладку толщиной 6 мм и имеют переливные каналы: верхний 4 сечением  $8 \times 60$  мм и нижний 5 сечением  $4 \times 60$  мм.

Предыдущий опыт исследований электромагнитного перемешивания в ПК с использованием сплава Вуда в качестве модельной жидкости показал, что его высокая прозрачность и намерзание на стенки органического стекла практически не позволяют визуализировать характер образующихся во время обработки потоков [7].

Поэтому на первом этапе исследований в качестве жидкости, имитирующей расплав, был выбран 23%-ный насыщенный раствор пищевой соли (NaCl) в дистиллированной воде, через который пропускали постоянный электрический ток, подведенный от источника питания ТИР-630 к двум медным электродам, расположенным в АЗ.

Показания силы тока на электродах снимались амперметром М340 с диапазоном измеряемого тока 0–100 А.

Опытным путем установлено, что максимальный ток, протекающий в цепи АЗ, был равен 2,5 А, что было обусловлено сопротивлением выбранного раствора электролита.

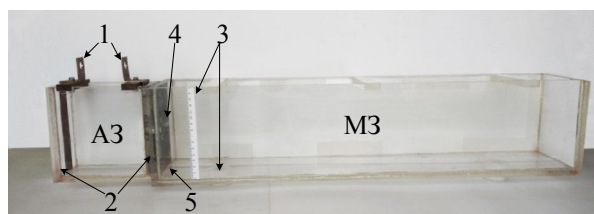


Рисунок 2 Общий вид физической модели ПК с электромагнитным перемешивателем

Следует отметить, что при включении ЭМП и подаче постоянного напряжения на электроды в АЗ протекают реакции электролиза. В результате этих реакций в течение минуты с момента включения ЭМП сильно разрушился медный анод, а электролит стал непрозрачным (рис. 3). При электромагнитном перемешивании в течение 15 мин наблюдалось обильное загрязнение электролита по всему объему модели ПК. Поэтому дальнейшее проведение исследований с медными электродами и выбранным раствором электролита не представлялось возможным.

Одним из вариантов решения данной проблемы было создание защитного покрытия на поверхности электрода с целью исключить контакт меди с электролитом. На роль защитного покрытия было решено использовать свинцово-оловянный припой (Sn 30 %, Pb 70 %), нанесенный на медный электрод путем лужения.



а



б

Рисунок 3 Общий вид электролита после обработки (а) и анод, находящийся в АЗ (б)

Испытания защитного покрытия проводились на том же оборудовании и в аналогичном растворе электролита. Через 30 с после включения ЭМП свинцово-оловянное покрытие стало заметно смываться с луженых медных электродов, образуя тёмно-серый осадок в виде хлопьеобразных частичек (рис. 4), оседающих в донной части модели.

В ходе дальнейших экспериментов был опробован вариант использования алюминиевых электродов, но результат электролиза с их применением показал выделение осадка жёлтого цвета по всей площади контакта электрода с электролитом в первые секунды обработки, а также вспенивание поверхности электролита и выделение тёмного осадка, окрашивающего весь объем ванны ПК (рис. 5).

При использовании электродов из графита имело место обильное вспенивание электролита у поверхности соприкосновения электродов с жидкостью и постепенный переход пены в раствор, что приводило к помутнению жидкости.



Рисунок 4 Обработка расплава медными лужеными электродами



Рисунок 5 Работа модели с алюминиевыми электродами

В ходе последующих исследований подбор электролита и токопроводящих электродов было решено осуществлять с использованием лабораторного электролизера (рис. 6) по методике, представленной в работе [8], позволяющей наблюдать за ходом процессов, протекающих в разных электролитах с применением электродов из алюминия, графита и их комбинации (рис. 7).

Эксперименты проводились при постоянном напряжении 55 В, а продолжительность пропускания электрического тока через раствор составляла 3 мин. Растворы, использовавшиеся в качестве электролитов, тип электрода и ток, протекающий через раствор, приведены в таблице 1.

Различные размеры электродов были выбраны для обеспечения равенства их электрических сопротивлений ( $R$ ), что упрощало анализ полученных удельных электрических сопротивлений ( $\rho$ ) водных растворов солей. На рисунке 8 представлен характер изменения  $\rho$  при использовании различных электролитов и электродов.

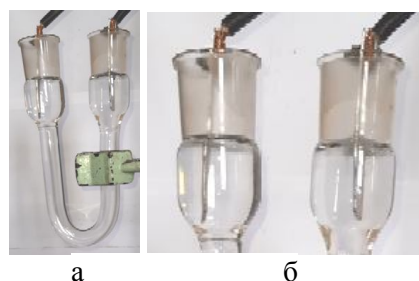


Рисунок 6 Общий вид электролизера

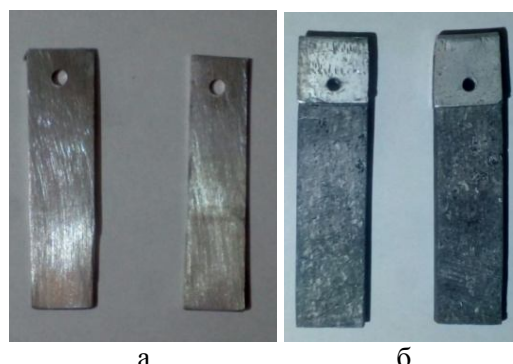


Рисунок 7 Алюминиевые электроды 65×15×1 (а), графитовые электроды 95×25×6 (б)

Таблица 1

Сила тока и удельное электрическое сопротивление для различных электролитов

Концентрация растворов, %	I, мА			ρ, Ом·м		
	NaCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	NaCl	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>
Катод и анод из Al						
2	90	45	50	0,36	0,689	0,657
5	130	75	65	0,249	0,432	0,498
10	325	95	135	0,01	0,341	0,24
20	650	180	100	0,05	0,182	0,335
25	1295	310	75	0,025	0,104	0,425
Катод и анод из С						
2	90	25	50	0,36	0,713	0,657
5	130	70	65	0,249	0,463	0,498
10	300	95	145	0,108	0,341	0,223
20	650	180	80	0,068	0,182	0,403
25	1200	285	60	0,033	0,113	0,551
Катод Al, анод С						
2	90	25	50	0,36	0,712	0,657
5	125	70	70	0,259	0,498	0,463
10	350	95	145	0,093	0,341	0,223
20	700	175	80	0,047	0,185	0,418
25	1500	300	55	0,031	0,108	0,589

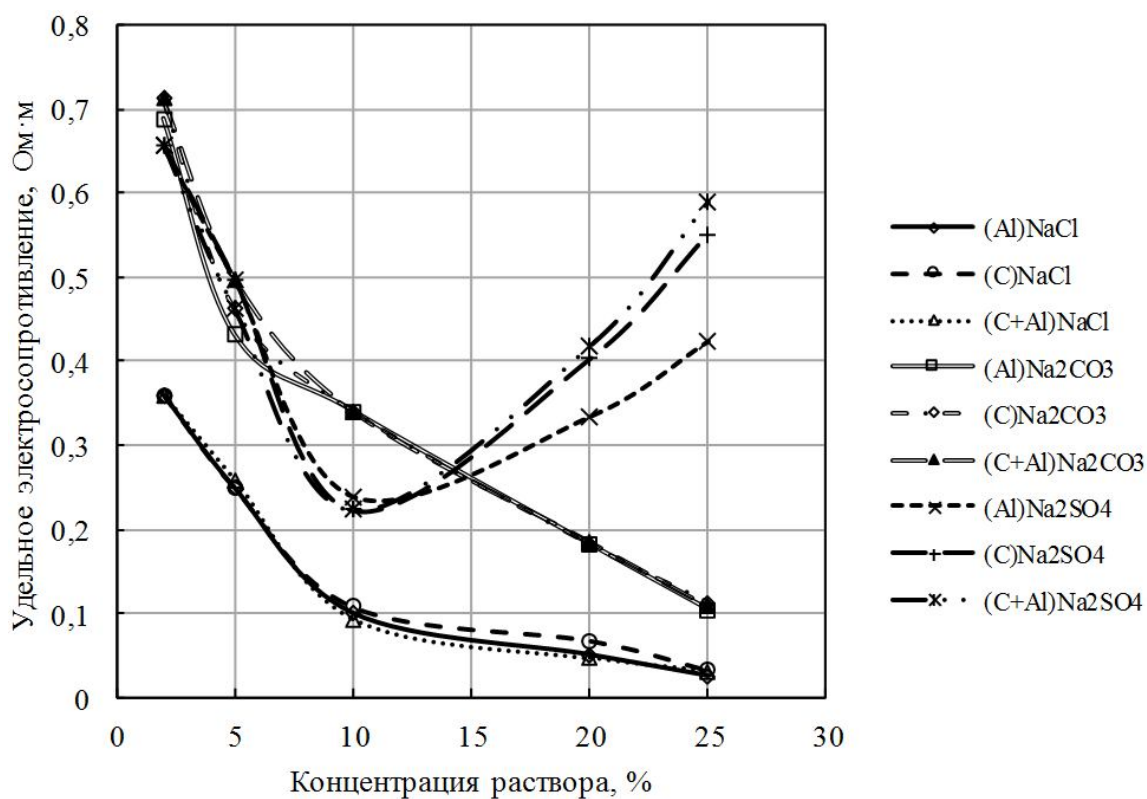


Рисунок 8 Характер изменения удельного электрического сопротивления при использовании различных электролитов и электродов

В проводниках 2-го рода, к которым относятся электролиты, проводимость зависит от ионов в проводящем материале — ионных проводников. Электричество переносится катионами или анионами, при этом вещество перемещается между электродами от одного из них к другому и наоборот. В водных растворах электролитов гидратированные ионы находятся в беспорядочном тепловом и броуновском движениях. При наложении электрического поля на ионный раствор возникает упорядоченное движение ионов к противоположно заряженным электродам, то есть при участии в перетоке электронов проводника 1-го рода, к которым относятся наши электроды.

Электрохимические реакции протекают на границе «электрод (проводник первого рода) — электролит (проводник второго рода)». Они вызваны невозможностью для электронов — носителей тока в электродах — свободно двигаться в электролите. Эти реакции состоят в обмене электронами между электродом и ионами в растворе, при этом ионы теряют или изменяют свой электрический заряд. Это первичная электрохимическая реакция, продукты которой нередко вступают в дальнейшие реакции, не связанные непосредственно с переносом тока ионами.

Анализ полученных данных показал, что сочетание материалов электродов в малой степени влияет на ток и процесс электролиза. Наименьшее  $\rho$  характерно для водных растворов хлорида натрия. При увеличении концентрации растворов  $\rho$  снижается, что связано с увеличением проводящих ионов. При изменении концентрации соли в растворе с 2 до 10 % уменьшение абсолютных значений  $\rho$  в несколько раз выше, чем для диапазона концентраций 10–25 %, что свидетельствует о насыщении растворов ионами. Причем в солевом растворе  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  в этом диапазоне наблюдается скачкообразное увеличение  $\rho$  раствора.

С точки зрения разрушения электродов, вспенивания и изменения цвета раствора было установлено следующее:

– алюминиевые электроды в водном растворе  $\text{NaCl}$  активно разрушались и наблюдалось сильное потемнение раствора; при использовании электродов из графита наблюдалось помутнение раствора; применение комбинированных электродов характеризовалось образованием некоторого количества пены бледно-серого цвета на катоде (Al), которая постепенно переходила в раствор, незначительно загрязняя его, а графитовый электрод оставался чистым и жидкость вокруг него не изменяла своей прозрачности;

– при электролизе в водном растворе сульфата натрия алюминиевые, графитовые и комбинированные электроды практически не оказали какого-либо влияния на цвет электролита, а  $\rho$  при концентрации соли более 11 % повышалось;

– электролит на основе карбоната натрия не оказывал влияния на цвет раствора при использовании всех комбинаций электродов, и только в случае графитовых электродов имело место выделение газобразных продуктов гидролиза, а на алюминиевом аноде образовывалось незначительное количество пены белого цвета, которая находилась над поверхностью жидкости и не давала каких-либо осадков.

После анализа полученных данных было принято решение использовать для физического моделирования процессов ЭМП 10%-ный водный раствор хлорида натрия, а в качестве электродов — комбинацию из графитового электрода на катоде и алюминиевого на аноде. Такой выбор обусловлен наименьшим значением  $\rho$ , доступностью соли, незначительным разрушением электродов, отсутствием вскипания электролита в ходе экспериментов и его существенного помутнения.

С использованием выбранного для моделирования раствора соли и сочетания электродов были проведены лабораторные исследования для определения характера и скорости движения конвективных потоков модельной жидкости в МЗ ПК с ЭМП.

На рисунке 9 показано влияние силы тока на обмотках электромагнита ( $I_{ЭМ}$ ) и электродах ( $I_{ЭЛ}$ ) на скорость истечения потока электролита ( $v_{пот}$ ) из АЗ в МЗ через нижний переливной канал при моделировании электромагнитного воздействия на расплав в ПК. Величина  $I_{ЭМ}$  изменялась в пределах 2–100 А, а  $I_{ЭЛ}$  — 11–21 А. Анализ полученных данных показывает, что при увеличении  $I_{ЭМ}$  и  $I_{ЭЛ}$  активной зоны модели ПК  $v_{пот}$  модельной жидкости увеличивается. Причем характер полученных кривых позволяет условно разбить полученные экспериментальные данные на три диапазона (1-й — 2–10 А, 2-й — 10–20 А, 3-й — 20–100 А), отличающиеся различной степенью прироста удельного значения  $v_{пот}$  на 1 А. Значения удельного прироста скорости, характерные для выделенных диапазонов  $I_{ЭМ}$  при граничных и среднем значениях  $I_{ЭЛ}$ , представлены в таблице 2.

Как следует из данных, представленных на рисунке 9, характер изменения  $v_{пот}$  в

зависимости от  $I_{ЭМ}$  носит нелинейный характер. Для 1-го и 2-го диапазонов изменения силы тока наблюдаются более высокие значения прироста скорости потока, которые, в зависимости от  $I_{ЭЛ}$ , находятся в пределах 0,0024–0,0059 м/с/А. Для диапазона силы тока 20–100 А этот прирост значительно меньше и составляет немногим более 0,001 м/с/А. Таким образом, для различных параметров источников питания в соответствии с полученными данными эффективно управлять скоростью потока можно изменением  $I_{ЭМ}$  и  $I_{ЭЛ}$ .

Таблица 2

Удельный прирост скорости потока для различных диапазонов  $I_{ЭМ}$

$I_{ЭЛ}$ , А	$I_{ЭМ}$ , А		
	2–10	10–20	20–100
$\Delta v_{пот}$ , мм/с/А			
11	0,0024	0,0029	0,0011
16	0,0031	0,0051	0,0013
21	0,0051	0,0059	0,0014

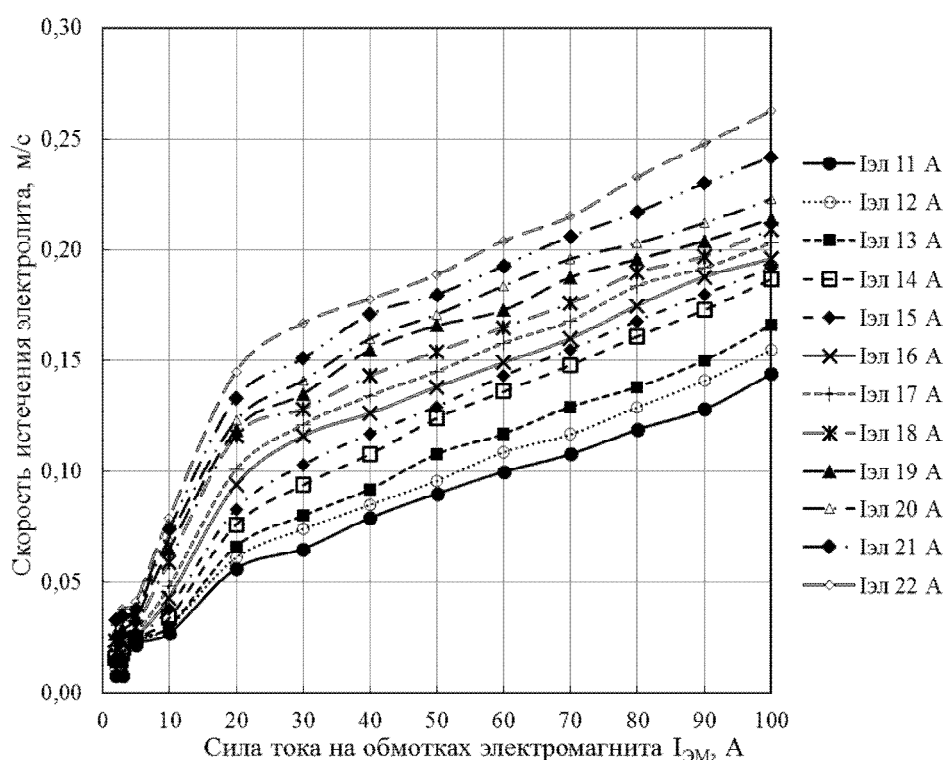


Рисунок 9 Влияние силы тока на скорость потока модельной жидкости

Кроме того, необходимо учитывать, что в диапазоне  $I_{ЭМ}$  20–100 А этот параметр слабо влияет на прирост скорости потока и управлять ею предпочтительнее изменением величины  $I_{ЭЛ}$ .

С использованием программы Statistica 10 по результатам проведенных экспериментов была установлена зависимость  $v_{пот}$  из АЗ в МЗ от величины  $I_{ЭМ}$  и  $I_{ЭЛ}$ , которая иллюстрируется рисунками 10 и 11.

Представленные на рисунках 10 и 11 зависимости описываются уравнением

$$v_{пот} = -0,0708 + 0,0069 \cdot I_{эл} + 0,0021 \cdot I_{эм} - 8,5171 E - 5 \cdot I_{эл}^2 + 6,8628 E - 5 \cdot I_{эл} \cdot I_{эм} - 1,5476 \cdot E - 5 \cdot I_{эм}^2.$$

Полученное уравнение позволяет прогнозировать скорость движения потока электролита в модели при воздействии на него электромагнитного поля при изменении величин  $I_{ЭМ}$  и  $I_{ЭЛ}$ .

Оснащение физической модели ПК установкой для ЭМП позволяет создавать направленные потоки электролита из АЗ в МЗ и управлять их скоростью, которая изменяется при нахождении проводника (электролита), по которому проходит электрический ток, в зоне действия электромагнитного поля. В результате взаимодействия силы тока и электромагнитной индукции будет возникать движение электролита в ту или иную сторону в зависимости от полярности протекающего тока и направления магнитных полей.

Для визуализации характера движения конвективных потоков при различной величине  $v_{пот}$  было проведено три эксперимента, результаты которых, зафиксированные видеокамерой, представлены в таблице 3 и на рисунке 12.

Анализ данных, представленных в таблице 3 и на рисунке 12, показал, что с увеличением  $I_{ЭМ}$  и  $I_{ЭЛ}$  растет не только  $v_{пот}$ , но и объем электролита МЗ, вовлекаемого в перемешивание ( $V_{пер}$ ). Причем при работе на максимально возможных для разра-

ботанной физической модели тока в интенсивном перемешивании участвует лишь треть электролита, находящегося в МЗ, что необходимо учитывать в ходе последующих исследований.

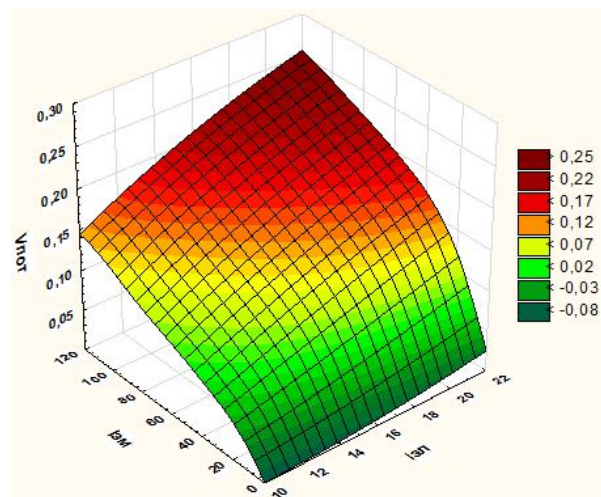


Рисунок 10 Влияние  $I_{ЭЛ}$  и  $I_{ЭМ}$  на  $v_{пот}$

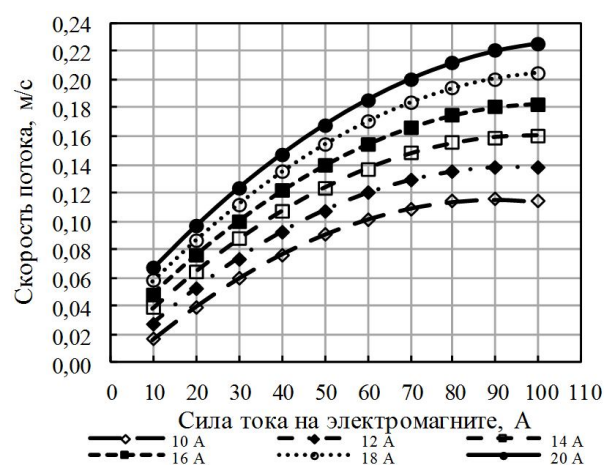


Рисунок 11 Зависимость  $v_{пот}$  от  $I_{ЭМ}$  при различных значениях  $I_{ЭЛ}$

Таблица 3  
Влияние  $I_{ЭМ}$  и  $I_{ЭЛ}$  на объем электролита МЗ, вовлекаемого в перемешивание

№ п/п	$I_{ЭМ}$ , А	$I_{ЭЛ}$ , А	$V_{пер}$ , %
1	10	11	10
2	20	16	20
3	100	21	30



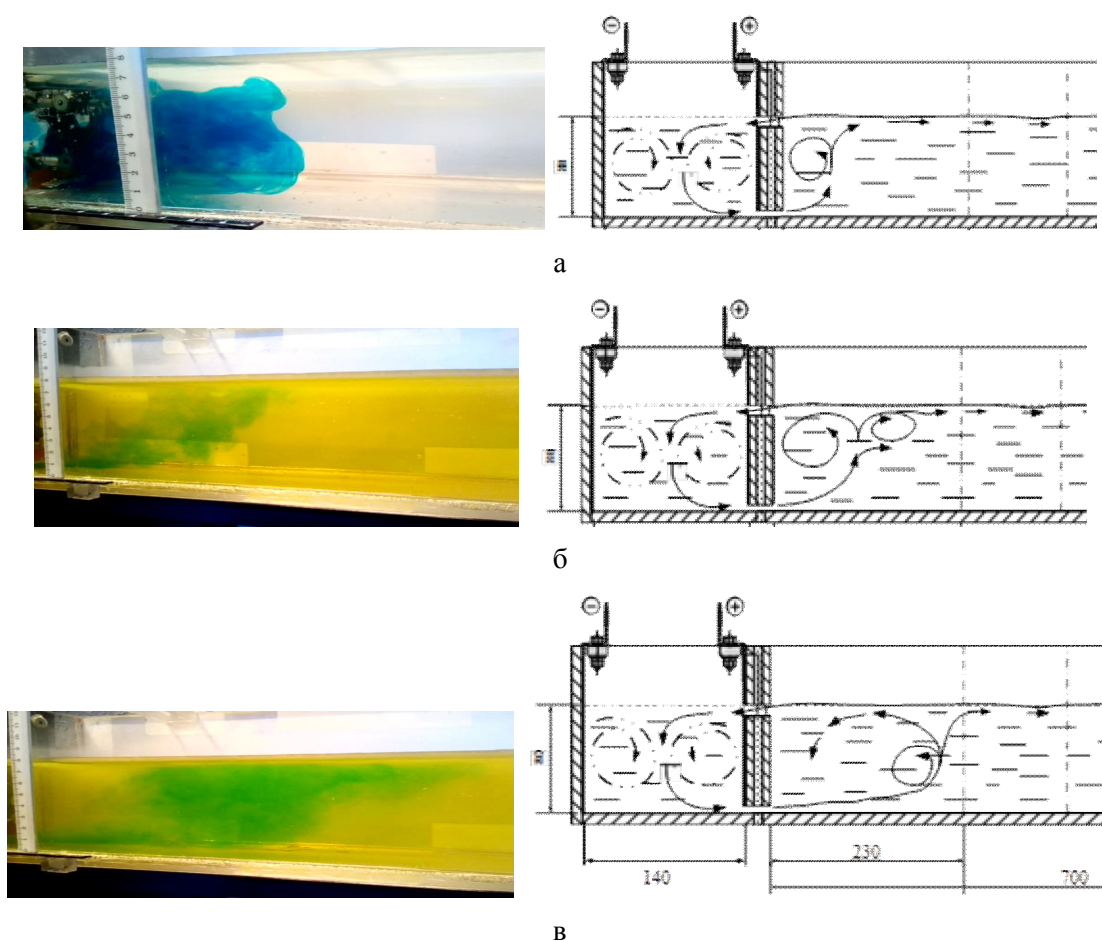


Рисунок 12 Фото и схема движения потоков при  $I_{ЭМ} = 10$  А и  $I_{ЭЛ} = 11$  А (а),  
 $I_{ЭМ} = 20$  А и  $I_{ЭЛ} = 16$  А (б),  $I_{ЭМ} = 100$  А и  $I_{ЭЛ} = 21$  А (в)

Выполненные в работе исследования позволили сделать следующие основные выводы:

1. Анализ величины удельного электрического сопротивления, силы тока, протекающего в водных растворах различных солей, а также их поведения при электролизе показал, что наиболее приемлемым для физического моделирования процессов электромагнитного перемешивания стали в ПК является 10%-ный водный раствор хлорида натрия, а в качестве электродов АЗ целесообразно использовать комбинацию из графитового электрода на катоде и алюминиевого на аноде.

2. В ходе физического моделирования процессов ЭМП стали в ПК установлена зависимость скорости потока электролита, выходящего из АЗ в МЗ, от величины силы

тока и показано, что регулировать ее можно как изменением  $I_{ЭМ}$ , так и  $I_{ЭЛ}$ . Однако повышение  $I_{ЭМ}$  выше 50 А относительно слабо влияет на интенсивность перемешивания и для ее более существенного увеличения целесообразно повышать  $I_{ЭЛ}$ .

3. Используемые для создания электромагнитных воздействий источники обеспечивают интенсивное перемешивание лишь трети электролита, находящегося в МЗ физической модели, что требует ее дальнейшего усовершенствования.

В ходе последующих исследований предполагается оценить влияние расстояния между полюсами электромагнита на интенсивность процессов перемешивания, а также усовершенствовать конструктивные параметры физической модели.

## Библиографический список

1. Вдовин, К. Н. Рафинирование металла в промежуточном ковше МНЛЗ [Текст] / К. Н. Вдовин, М. В. Семенов, В. В. Точилкин. — Магнитогорск : ГОУ ВПО «МГТУ», 2006. — 118 с.
2. *Water Model Study on Convection Pattern of Molten Steel Flow in Continuous Casting Tundish* [Text] / D. Y. Sheng, C.-S. Kim, J.-K. Yoon et al. // *ISIJ International*. — 1998. — Vol. 38. — Iss. 8. — P. 843–851.
3. Ефимова, В. Г. Эффективные технологии рафинирования в промежуточных ковшах МНЛЗ [Текст] / В. Г. Ефимова // *Наукові праці Донецького національного технічного університету. Металургія*. — 2010. — № 12 (177). — С. 108–114.
4. Рафинирование стали в промковше слябовой МНЛЗ при продувке аргоном через кольцевую пористую фурму [Текст] / А. Н. Смирнов, В. Г. Ефимова, А. В. Кравченко, К. Е. Писмарев // *Сталь*. — 2013. — № 12. — С. 14–21.
5. Mazumdar, D. *Physical and mathematical modelling of continuous casting tundish systems* [Text] / D. Mazumdar, R. I. L. Guthrie. — 1999. — Iss. 6. — P. 524–547.
6. Смирнов, А. Н. Электродуговая и электромагнитная обработка расплавов [Текст] / А. Н. Смирнов, С. В. Куберский, С. Б. Эссельбах. — Алчевск : ДонГТУ, 2013. — 320 с.
7. Федотов, О. В. Исследование параметров электромагнитного перемешивания на физической модели промежуточного ковша МНЛЗ [Текст] / О. В. Федотов, С. В. Куберский, С. Р. Завгородний // *Актуальные проблемы металлургии чугуна и стали : сб. тезисов докл. науч.-прак. конф. / под общ. ред. С. В. Куберского*. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2020. — С. 16–19.
8. Бойко, Е. Н. Электролиз водных растворов электролитов [Текст] : метод. указ. / Е. Н. Бойко, В. П. Кузьмичева, Е. А. Петухова. — Великий Новгород : НовГУ, 2006. — 14 с.

© Куберский С. В.© Завгородний С. Р.© Филатов М. А.© Федотов О. В.© Кухарев А. Л.

*Рекомендована к печати к.т.н., доц. каф. МЧМ ДонГТИ Должиковым В. В.,  
первым заместителем управляющего, гл. инженером  
Филиала № 1 «АМК» ООО «ЮГМК» Сбитневым С. А.*

Статья поступила в редакцию 14.12.2022.

**PhD in Engineering Kuberskiy S. V., Zavgorodniy S. R., Filatov M. A., Fedotov O. V., Doctor of Technical Sciences Kухarev A. L. (DonSTI, Alchevsk, LPR, skuberskiy@yandex.ru)**

**PHYSICAL MODELING OF ELECTROMAGNETIC STEEL PROCESSING  
IN AN INTERMEDIATE LADLE**

*A physical model has been developed and model solutions have been selected to study the processes of electromagnetic mixing of steel in the intermediate ladle of the CCM. The values of the electrical resistivity of aqueous electrolytes solutions with different salt contents, as well as the flow rate dependence arising under the action of an electromagnetic field on the strength of the electric current on the electrodes and the electromagnet are determined. The initial data were obtained for the further improvement of model, investigation of the nature and dynamics of flows formed under the action of electromagnetic forces.*

**Key words:** refining, intermediate ladle, continuous casting, electromagnetic mixing, electrical conductivity, electrolyte, electrodes.