

**А.Ф. Шевченко**, д.т.н., проф., вед.научн.сотр., ORCID 0000-0003-0867-6825

**В.Г. Кисляков**, к.т.н., с.н.с., зав. отделом, ORCID 0000-0002-1775-5050

**Б.В. Двоскин**, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0003-2891-7833

**А.С. Вергун**, д.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0001-5493-9214

**И.А. Маначин**, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0001-9795-6751

**В.П. Петруша**, вед.инж.,

**С.А. Шевченко**, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0002-9287-9177

*Институт черной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины*

## **ЭТАПЫ НАУЧНО-ПРИКЛАДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОТДЕЛА ВНЕПЕЧНОЙ ОБРАБОТКИ ЧУГУНА ИЧМ НАНУ**

**Аннотация.** Представлена история создания и развития научно-исследовательского подразделения Института черной металлургии, отдела внепечной обработки чугуна. С 1939 по 1983 г.г. это структурное подразделение ИЧМ возглавляла д.т.н., профессор Наталья Александровна Воронова, затем в течение 34 лет, до 2017 г. руководителем отдела был ученик и соратник Н.А. Вороновой – д.т.н., профессор Шевченко А.Ф., с 2017 г. по настоящее время отделом руководит к.т.н. Кисляков В.Г. За данный период комплекс научных исследований и разработок обеспечил возможность сотрудникам отдела защитить 3 докторских и 16 кандидатских диссертаций. Двум сотрудникам отдела было присвоено ученое звание профессора, а десятерым – старшего научного сотрудника. Показана эволюция технологического процесса и оборудования обработки чугуна зернистым магнием в ковшах различной емкости. В частности, инжектировать в расплав гранулированный магний без добавок фурмами, используемыми для вдувания смесей магния с наполнителями, не представлялось возможным из-за закупорки канала магниепровода на выходе из фурмы. Для решения этой проблемы была разработана фурма новой конструкции, на выходе канала которой была установлена испарительная камера, задачей которой являлось отдалить срез канала фурмы от непосредственного контакта с чугуном. Конструкция фурм с испарительными камерами позволила практически исключить закупорки канала фурм. Выполненные исследования взаимодействия магния с жидким чугуном явились научной базой для создания современного высокоавтоматизированного процесса внепечного рафинирования чугуна моноинжекцией магния без добавок. Наиболее успешное применение эта технология получила при создании модернизируемых комплексов на предприятиях Китая. Начиная с 2001 года, на 39 заводах КНР сооружено и введено в эксплуатацию 84 комплекса внепечной десульфурации чугуна и сквашивания шлака по технологии ИЧМ с суммарной мощностью более 100 млн. т/год низкосернистого и очищенного от шлака чугуна.

**Ключевые слова:** внепечная десульфурация чугуна, эволюция, гранулированный магний, фурмы, испарительная камера, история

*«Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2019. - Вып.33  
«Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy». – 2019. – Collection 33*

ISSN 2522-9117 *«Fundamental'nye i prikladnye problemy černoj metallurgii». – 2019. – Vypusk 33*

**Ссылка для цитирования:** Шевченко А.Ф., Кисляков В.Г., Двоскин Б.В., Вергун А.С., Маначин И.А., Петруша В.П., Шевченко С.А. Этапы научно-прикладной деятельности отдела внепечной обработки чугуна ИЧМ НАН Украины. //«Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії». – 2019. - Вып.33. – С.87-97. (In Russian). DOI 10.52150/2522-9117-2019-33-87-97

В 1939 году в составе АН УССР было организовано новое структурное подразделение – Институт черной металлургии (ИЧМ). Одним из научных подразделений ИЧМ стала лаборатория высококачественного чугуна. К перспективному научному направлению работы этой лаборатории были отнесены исследования по внеагрегатной обработке расплава кислородом с целью получения низкоуглеродистого чугуна, выполняемые «кислородной» группой. В 1953 г. эта группа была ориентирована на литейное производство и реформирована в литейную группу, которая в 1960 г. была расширена до отдела технологии металлургического литья (ОТМЛ), а в 1975 г., в связи с изменением направленности научных разработок, ОТМЛ был преобразован в отдел внепечной обработки чугуна (ОВОЧ).

С 1939 по 1983 г.г. эти структурные подразделения ИЧМ возглавляла д.т.н., профессор Наталья Александровна Воронова (рис. 1.), затем в течение 34 лет, до 2017 г. руководителем ОВОЧ был ученик и соратник Н.А. Вороновой – д.т.н., профессор Шевченко А.Ф., с 2017 г. по настоящее время отделом руководит к.т.н. Кисляков В.Г.



Рисунок 1 – Основатель отдела внепечной обработки чугуна д.т.н., профессор Наталья Александровна Воронова.

Высокий профессионализм и широкая эрудиция Вороновой Н.А. позволили создать научную школу по внепечной обработке чугуна, характеризующуюся широким спектром направлений исследований и высоким научным уровнем выполняемых разработок.

На протяжении всего периода творческой деятельности отдел располагал активным профессиональным ядром, обеспечившим не только мировой уровень ряда выполненных технологических разработок, но и эффективность их внедрения на отечественных и зарубежных металлургических предприятиях. Выполненный комплекс пионерских научных исследований и разработок обеспечил возможность сотрудникам

отдела защитить 3 докторских и 16 кандидатских диссертаций. Двум сотрудникам отдела было присвоено ученое звание профессора, а десятерым – старшего научного сотрудника.

На этапе выполнения комплекса работ по повышению качества и срока службы изделий из чугуна для машиностроения и металлургии был выполнен ряд эффективных разработок, в т.ч.:

было установлено, что низкоуглеродистый чугун, полученный продувкой кислородом в копильниках вагранок или в отдельных ёмкостях (типа конвертера), позволяет вдвое повысить стойкость отлитых из него металлоизделий;

разработанные технология и оборудование для отливки помольных шаров из продутого кислородом доменного чугуна позволили получить чугунные шары, стойкость которых была в 1,5-2,0 раза выше, чем стойкость стальных шаров;

применение созданной технологии и оборудования для отливки мелющих тел из модифицированного цериевыми сплавами чугуна, позволили добиться рекордной на тот период стойкости различных мелющих тел;

отработанная технология модифицирования чугуна слитковым ферроцерием в доменных чугуновозных ковшах для металлургических изложниц обеспечила существенный рост прочностных характеристик материала изложниц, обусловленный улучшением структуры модифицированного металла, что позволило вдвое снизить расходные коэффициенты этого оборудования для разливки сталей широкого сортамента;

разработанный процесс модифицирования чугуна в барабанных ковшах вдуванием порошкового магния в смеси с графитом для отливки изложниц позволил добиться стабильности получения чугуна с шаровидным графитом, а также повысить экономичность процесса модифицирования;

применение магниевых модификаторов при отливке хромоникелевых прокатных валков для горячей прокатки существенно улучшило их свойства и стойкость.

Несмотря на то, что отдел имел хорошие научные достижения в области повышения качества чугуна и литых изделий, к середине 60-х годов прошлого столетия по инициативе проф. Н.А. Вороновой усилия отдела были сконцентрированы в направлении внепечной десульфурации больших масс доменного чугуна для обеспечения требований сталеплавильного производства и для получения литейного рафинированного чугуна.

Такое решение базировалось, с одной стороны, на научном предвидении в перспективе потребности сталеплавильного передела в

передельном рафинированном чугуне с минимальным количеством вредных примесей (в первую очередь серы) для производства высококачественных сталей. С другой стороны, результаты значительного объема исследований по внепечной обработке доменного и ваграночного чугунов различными реагентами (известью, карбидом кальция, содой, ферроцерием, магнийсодержащими смесями и зернистым магнием), позволили сделать заключение, что ковшовая десульфурация чугуна является перспективным направлением для создания ресурсосберегающих и энергоэффективных технологий производства качественных железоуглеродистых расплавов.

Проведенные фундаментальные исследования, с использованием традиционных немагниевого реагентов, направленные на уточнение механизмов взаимодействия реагентов с расплавом чугуна и определение факторов, влияющие на эффективность процесса десульфурации, позволили наметить пути дальнейшего совершенствования этих процессов.

Было установлено, что при использовании кальцийсодержащих реагентов эффективность процесса в значительной мере зависит не только от длительности контакта частиц реагента с серой чугуна, развитой площади поверхности реагента, раскисленности обрабатываемого расплава, а также определяется активностью процессов массопереноса в прифурменной зоне. Проведенные исследования показали, что рационализации процессов массопереноса в прифурменной зоне способствует инжектирование реагентов в расплав с концентрацией реагента в газоносителе на уровне 50 – 60 кг/м<sup>3</sup>. Кроме того, активизации процессов массопереноса в прифурменной зоне способствует организация в этой зоне микровзрывов за счет ввода в реагент диссоциирующих добавок, например, известняка или соды, а также использование в качестве газа-носителя природного газа, диссоциирующего в жидком чугуне.

Дальнейшему повышению эффективности процесса десульфурации чугуна известью способствовал ввод в состав реагента более сильных восстановителей (Al и Mg), чем имеющиеся в чугуне (Si, C). Полученные экспериментальные данные показали, что использование в качестве добавок к извести алюминия, магния и соды в количестве 10 – 20% обеспечивает повышение эффективности десульфурации на 15 – 20%. Причем совместное использование добавки соды и природного газа в качестве газа-носителя обеспечивало повышение эффективности десульфурации до 30%.

Проведенные исследования по применению карбида кальция для десульфурации чугуна показали, что этот реагент является неплохим десульфуратором, но его использование сопряжено с серьезными

проблемами. Карбид кальция является источником образования взрывоопасного газа – ацетилена, что требует специальных мер для его хранения и исполнения оборудования во взрывобезопасном исполнении. Кроме того, образующиеся после десульфурации карбидные шлаки требуют сложной утилизации из-за выделения в атмосферу ацетилена, образующего с кислородом воздуха взрывоопасную смесь.

Результаты проведенного комплекса исследований с использованием усовершенствованных технологий десульфурации чугуна немагниевыми реагентами, дают основание считать, что немагниевого реагенты в ряде случаев могут служить конкурентами магнию.

На основании обобщения результатов, выполненных отделом к концу 60-х годов прошлого столетия значительного объема исследований с использованием различных десульфурующих реагентов, было установлено, что наиболее перспективным реагентом для внепечной десульфурации чугуна является магний.

Теоретические исследования научных основ применения магниевых реагентов показали, что магний обладает уникальной способностью в значительных количествах растворяться в чугуне и обеспечивает благоприятные термодинамические и кинетические возможности для десульфурации чугуна. Однако, ввод его в расплав усложнялся из-за низкой температуры испарения (1117 °С). Существовавшие на тот период способы десульфурации больших масс чугуна кусковыми магниесодержащими реагентами оказались нетехнологичными, малоэффективными и нерациональными.

На первом этапе использования диспергированного магния для десульфурации чугуна была поставлена задача разработать технологический процесс, обеспечивающий регулируемый равномерный ввод в расплав магниевого реагента. Для реализации такой технологии потребовалось разработать пневматический питатель, обеспечивающий регулируемую и дозируемую подачу магниевого реагента. Однако, из-за закупорки канала фурмы ввести вглубь расплава порошковый магний без пассивирующих добавок не представилось возможным. Поэтому на этом этапе вынуждены были остановиться на обработке жидкого чугуна порошковыми смесями магния с известью, с доломитом, или с графитом. Добавки в виде извести и доломита не только усложняли процесс подготовки реагента, но и требовали увеличения затрат на реагент и снижали эффективность процесса. Однако без их использования осуществить надежный ввод реагента в расплав фурмами с прямоточным каналом или с отгибом канала не представлялось возможным из-за закупорки канала фурмы.

Поставленная на следующем этапе исследований задача создания нового процесса внепечной обработки чугуна магнием без добавок требовала решения широкого круга вопросов.

В первую очередь это касается реагента – диспергированного магния.

При разработке магнийсодержащих реагентов было установлено, что порошок магний, созданный для черной металлургии, нецелесообразно использовать из-за его взрывоопасности и высокой стоимости. Технологическим требованиям, требованиям техники безопасности и по затратности (стоимость на уровне чушкового магния) отвечал созданный Институтом титана по технологическому заданию ИЧМ и при участии сотрудников ОВОЧ гранулированный магний, имевший гранулометрический состав с частицами в пределах 0,5 – 1,6 мм и не содержащий частиц, относящихся к взрывоопасной фракции ( $\leq 0,2$  мм). В настоящее время в промышленной практике наряду с гранулированным магнием также широко используется виброфрезерованный (из чушек) магний с защитным покрытием и гранулометрическим составом 0,4 – 1,2 мм.

Инжектировать в расплав гранулированный магний без добавок фурмами, используемыми для вдувания смесей магния с наполнителями (фурмы с отгибом канала с внутренним диаметром 20 – 30 мм), не представилось возможным из-за закупорки канала магниепровода на выходе из фурмы. Гидрогазодинамические исследования работы прифурменной зоны показали, что имеет место заметалливание среза канала чугуном, связанное с недостаточной скоростью движения частиц магния и газового потока, локальным снижением температуры чугуна за счет реализации испарения магния, а также с неравномерностью их истечения из канала фурмы. Для решения этой проблемы была разработана фурма новой конструкции, на выходе канала которой была установлена испарительная камера, задачей которой являлось отдалить срез канала фурмы от непосредственного контакта с чугуном. Конструкция фурм с испарительными камерами позволила практически исключить закупорки канала фурм. Использование фурм с испарительными камерами (внутренний диаметр канала фурмы – 12 мм) в условиях погружения фурм в чугун на глубину до 2,4 м, при расходах газоносителя на уровне 25 – 40  $\text{м}^3/\text{ч}$  и рациональных параметрах работы инжекционных систем обеспечили надежное технологичное вдувание магния в расплав при свободном борте 0,5 – 0,6 м. Технология десульфурации чугуна фурмами с испарительными камерами была внедрена на 5 отечественных промышленных установках десульфурации чугуна, причем на ряде из них реализуется до настоящего времени (более 40 лет).

Фурмы с испарительными камерами, несмотря на необходимость периодического обслуживания испарителей с целью очистки от образующихся на стенках нитридов и карбидов, и ограниченную интенсивность вдувания магния (4 – 8 кг/мин), достаточно широко использовались в промышленной практике до момента, пока глубина погружения фурм в расплав не превышала 2,4 м. При глубине погружения фурм в расплав более 2,4 м резко возросла интенсивность зарастания испарительных камер, что было связано с неполным испарением магния, часть магния оставалась в жидком виде. При этом увеличилась бурность обработки и появились выбросы при подъеме фурмы из чугуна.

Поэтому на следующем этапе исследований была поставлена задача разработать технические решения, обеспечивающие технологичный ввод магния в расплав при десульфурации чугуна в ковшах большой емкости, в которых глубина жидкой ванны более 2,4 м.

Проведенные аналитические газодинамические расчеты по изучению процессов, протекающих в прифурменной зоны фурм без испарительных камер позволили оценить глубину внедрения в расплав частиц реагента различного диаметра при различной скорости их вдувания, уточнить механизм разделения двухфазных потоков при истечении из канала фурмы. Холодное моделирование по изучению диспергирования газопорошковых струй дало возможность определить требуемые параметры инжектирования и параметры инжекционного оборудования для вдувания частиц магния в жидкий расплав. В процессе последующих экспериментальных исследований эти параметры уточнялись для различных условий обработки.

Для обеспечения требуемой точности дозирования (погрешность не более 2 %) магния, подаваемого в фурменные устройства, были разработаны автоматизированные модули-дозаторы с механическими питателями.

С целью увеличения интенсивности ввода магния в расплав были сконструированы, опробованы и освоены двухсопловые фурмы.

Опробование различных типов газов-носителей показало, что наиболее эффективными из них являются азот и аргон. Было установлено, что для надежного инжектирования зернистого магния в расплав давление в подводящих трассах должно быть на уровне 0,9 – 1,2 МПа.

В процессе проведения комплекса исследований по изучению влияния на процесс десульфурации ковшевого шлака было установлено, что процессы ресульфурации чугуна блокируются растворенным в чугуне магнием, если его содержание в чугуне, выше его равновесных значений. Показано, что независимо от используемых реагентов и технологий десульфурации чугуна, минимизация прихода серы в конвертерную ванну обеспечивается при условии высокой степени очистки чугуна от шлака.

Для качественного удаления шлака рекомендовано производить корректировку его состава не только с целью повышения сульфидной емкости, но и с целью загущения, обеспечивающего практически полную и достаточно быструю очистку чугуна от ковшевого шлака.

Выполненный комплекс работ по исследованию взаимодействия магния с жидким чугуном и изучению закономерностей процессов, протекающих в системе «металл-реагент-шлак-газовая фаза» явились научной базой для создания современного высокоавтоматизированного процесса внепечного рафинирования чугуна моноинжекцией магния без добавок.

Наиболее успешное применение этот процесс получил при создании модернизируемых комплексов на предприятиях Китая. Начиная с 2001 года, на 39 заводах КНР сооружено и введено в эксплуатацию 84 комплекса внепечной десульфурации чугуна и скачивания шлака по технологии ИЧМ с суммарной мощностью более 100 млн. т/год низкосернистого и очищенного от шлака чугуна (рис. 2).

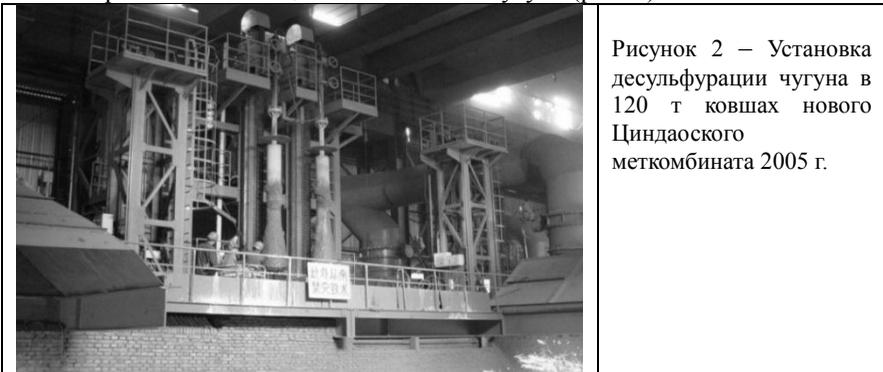


Рисунок 2 – Установка десульфурации чугуна в 120 т ковшах нового Циндаоского меткомбината 2005 г.

Применение указанной технологии и разработанного оборудования для ее реализации в сравнении со всеми другими методами десульфурации, применяемыми в мировой практике, обеспечивает при реализации в ковшах емкостью 35 – 350 т следующие преимущества:

степень десульфурации вплоть до 99 % (достигаемое конечное содержание серы, вплоть до 0,0003 %);

попутное рафинирование чугуна от газов (удаление до 50%отн. водорода, до 60 % отн. кислорода, а также до 35 % отн. азота, если в качестве газа-носителя используется аргон);

самая высокая степень усвоения реагента (95 %);

автоматизируемая регулируемость и управляемость процесса;

наибольшая интенсивность ввода магния в расплав (до 25 кг/мин);

самый низкий удельный расход реагентов (в основе 0,3 – 0,6 кг/т);

*«Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії». – 2019. - Вып.33*

*«Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy». – 2019. – Collection 33*

ISSN 2522-9117 *«Fundamental'nye i prikladnye problemy černoj metallurgii». – 2019. – Выпуск 33*

наименьшее дополнительное шлакообразование (0,6 – 1,0 кг/т);  
наименьшие потери чугуна со шлаком (0,25 – 0,56 кг/т);  
наименьшее снижение температуры чугуна (5 – 10 °С);  
высокая надежность и уровень автоматизации;  
гарантируемая стабильность достигаемых результатов (90-95%);  
наименьший цикл процесса обработки;  
самые низкие

За разработку передовых технических решений работы ОВОЧ неоднократно награждались медалями ВДНХ СССР, Украины и других международных выставок. Разработанный технологический процесс удостоен Госпремии Украины в области науки и техники. В 1998 г ученым ИЧМ был вручен учрежденный Всемирной магниевой ассоциацией международный приз имени проф. Вороновой Н.А.

В настоящее время сотрудники отдела внепечной обработки чугуна совместно с отечественными и зарубежными специалистами развивают работы по внепечной обработке чугуна, расширяя научные исследования в направлении:

изучения тепло-массообменных процессов в системе "чугун - шлак - газовая атмосфера" при внепечной обработке чугуна различными реагентами;

совершенствования инжекционных процессов на основе исследований газогидродинамических и тепло-массообменных процессов;

повышение надежности существующего и создание нового технологического оборудования в составе комплексов внепечной обработки чугуна;

изучение влияния параметров и условий внепечной десульфурации чугуна на процессы прихода серы в конвертер и содержание серы в готовой стали;

оптимизация условий получения особо чистого ( $\leq 0,001$  %) по сере чугуна в условиях выплавки низкосернистых марок стали;

изыскание рациональных условий и пределов рафинирования жидкого чугуна с получением низких содержаний серы, кремния, фосфора и азота;

разработка универсальных установок десульфурации чугуна магниевыми, кальциевыми реагентами и смесями на их основе.

Отдел внепечной обработки чугуна Института черной металлургии остается мировым лидером в вопросах внепечной обработки чугуна магниевыми реагентами.

Оценивая научные разработки отдела внепечной обработки чугуна в создании практически нового звена металлургического передела, следует признать, что эти работы оказались не только своевременными, но и в определенной степени опередили требования сталеплавильного производства к качеству чугуна и открыли возможность производить высококачественную конкурентоспособную металлопродукцию при наименьших затратах.

**А.П. Шевченко**, д.т.н., проф., вед.научн.сотр., ORCID 0000-0003-0867-6825

**В.Г. Кисляков**, к.т.н., с.н.с., зав. отделом, , ORSID 0000-0002-1775-5050

**Б.В. Двоскин**, к.т.н., с.н.с., ORSID 0000-0003-2891-7833

**О.С. Вергун**, д.т.н., с.н.с., ORSID 0000-0001-5493-9214

**І.А. Маначин**, к.т.н., с.н.с., ORSID 0000-0001-9795-6751

**В.П. Петруша**, вед.инж.,

**С.О. Шевченко**, к.т.н., с.н.с., ORCID 0000-0002-9287-9177

### **Етапи науково-прикладної діяльності відділу позапічної обробки чавуну ІЧМ НАНУ**

**Анотація.** Представлена історія створення та розвитку науково-дослідного підрозділу Інституту чорної металургії, відділу позапічної обробки чавуну. З 1939 по 1983 р.р. цей структурний підрозділ ІЧМ очолювала д.т.н., професор Наталія Олександрівна Воронова, потім протягом 34 років, до 2017 р керівником відділу був учень і соратник Н.А. Воронової – д.т.н., професор Шевченко А.П., з 2017 року по теперішній час відділом керує к.т.н. Кисляков В.Г. За даний період комплекс наукових досліджень і розробок забезпечив можливість співробітникам відділу захистити 3 докторських і 16 кандидатських дисертацій. Двом співробітникам відділу було присвоєно вчене звання професора, а десятьом – старшого наукового співробітника. Показано еволюцію технологічного процесу і обладнання обробки чавуну зернистим магнієм у ковшах різної ємності. Зокрема, інjektувати до розплаву гранульований магній без добавок фурмами, використовуваними для вдунання сумішей магнію з наповнювачами, не виявилось можливим через закупорку каналу магнієпроводу на виході з фурми. Для вирішення цієї проблеми була розроблена фурма нової конструкції, на виході каналу якій була встановлена випарювальна камера, завданням якої було віддалити зріз каналу фурми від безпосереднього контакту з чавуном. Конструкція фурм з випарними камерами дозволила практично виключити закупорки каналу фурм. Виконані дослідження взаємодії магнію з рідким чавуном стали науковою базою для створення сучасного високоавтоматизованого процесу позапічного рафінування чавуну моноінжекцією магнію без добавок. Найбільш успішне застосування ця технологія отримала при створенні модернізованих комплексів на підприємствах Китаю. Починаючи з 2001 року, на 39 заводах КНР споруджено і введено в експлуатацію 84 комплексу позапічної десульфурації чавуну і скачування шлаку за технологією ІЧМ з сумарною потужністю понад 100 млн. т/рік низькосірчистого і очищеного від шлаку чавуну.

**Ключові слова:** позапічна десульфурація чавуну, еволюція, гранульований магній, фурми, испарительная камера, історія

**Shevchenko A.P.**, Dr. Sci. (Engin.), Professor, Leading Researcher, ORCID 0000-0003-0867-6825

**Kislyakov V.G.**, PhD (Engin.), Senior Researcher, Head of Department, ORCID 0000-0002-1775-5050

**Dvoskin B.W.**, PhD (Engin.), Senior Researcher, ORSID 0000-0003-2891-7833;

**Vergun A.S.**, Dr. Sci., (Engin.), Senior Research Scientist, ORCID 0000-0001- 5493-9214

**Manachyn I.A.**, PhD (Engin.), Senior Researcher, ORCID 0000-0001-9795-6751

**Petrusha V.P.**, Lead Engineer

*«Фундаментальні та прикладні проблеми чорної металургії. – 2019. - Вып.33*

*«Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy».* – 2019. – Collection 33

ISSN 2522-9117 *«Fundamental'nye i prikladnye problemy černoj metallurgii».* – 2019. – Выпуск 33

**Shevchenko S.A.**, Ph.D., Senior Researcher, ORSID 0000-0002-9287-9177

*Iron and Steel Institute named after Z.I. Nekrasov of the NAS of Ukraine*

**Stages of scientific and applied activities of the department of external processing of the iron of ISI NANU**

**Summary.** The history of the creation and development of the research unit of the Iron and Steel Institute, the department of after-furnace treatment of cast iron is presented. From 1939 to 1983, this structural unit of the ISI was headed by Doctor of Technical Sciences, Professor Natalya Aleksandrovna Voronova, then for 34 years, until 2017, the student and associate of N.A. Voronova – Doctor of Technical Sciences, Professor Shevchenko A.F., from 2017 to the present, the department is headed by Kislyakov V.G. During this period, a set of scientific research and development has provided an opportunity for the department staff to defend 3 doctoral and 16 master's theses. Two employees of the department were awarded the academic title of professor, and ten – senior research assistant. The evolution of the technological process and equipment for the processing of cast iron by granular magnesium in ladles of various capacities is shown. In particular, it was not possible to inject granular magnesium without additives with lances used to inject mixtures of magnesium with fillers into the melt due to blockage of the channel of the magnesium wire at the outlet of the lance. To solve this problem, a lance of a new design was developed, at the outlet of the channel of which an evaporation chamber was installed, the task of which was to remove the section of the lance channel from direct contact with cast iron. The design of tuyeres with evaporation chambers made it possible to virtually eliminate blockages of the tuyere channel. The studies of the interaction of magnesium with molten iron became the scientific basis for the creation of a modern highly automated process for the secondary refining of cast iron by mono-injection of magnesium without additives. This technology received the most successful application in the creation of modernized complexes at Chinese enterprises. Since 2001, 84 complexes of out-of-furnace desulphurization of pig iron and slag download using ISI technology with a total capacity of over 100 million tons/year of low-sulfur and pig iron-free slag have been built and commissioned at 39 plants in China.

**Keywords:** extra-furnace desulfurization of pig iron, evolution, granular magnesium, tuyeres, evaporation chamber, history

**For citation:** *Shevchenko S.O., Shevchenko A.P., Tolstopyat A.P., Flier L.A., Elyseev V.Y. Doslidzhennya shvydkosti dyspersnykh chastynok pry riznykh kutakh dilennya dvofaznoho potoku. [Investigation of the velocity of dispersed particles at different angles of division of a two-phase flow.]. «Fundamental'nye i prikladnye problemy černoj metallurgii».[Fundamental and applied problems of ferrous metallurgy] 2020, 34. 87-97. (In Russian). DOI 10.52150/2522-9117-2019-33-87-97*

*Статья поступила в редакцию сборника 15.11.2019 года, прошла внутреннее и внешнее рецензирование (Протокол заседания редакционной коллегии сборника №2 от 23 декабря 2019 года)*