

И. Е. Илларионов, И. А. Стрельников

## О ПРИМЕНЕНИИ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия

**Аннотация.** В настоящее время актуальна выработка технологии обращения с техногенными отходами, это также важно и в литейном производстве. Предлагается использовать разработанные составы для изготовления литейных форм, стержней и теплоизоляционных оболочек.

**Ключевые слова:** технология, техногенные отходы, литейные формы, стержни, компоненты, составы теплоизоляционных и формовочных смесей.

УДК: 621.74

В настоящее время наиболее актуальна выработка системных технологий обращения с техногенными отходами, т.к. сложившаяся в Российской Федерации ситуация в области экологической безопасности и обращения с отходами ведет к опасному загрязнению окружающей природной среды и создает реальную экономическую проблему. В то же время наша страна обладает значительными ресурсами вторичного сырья, которые можно характеризовать как возобновляемые сырьевые, материальные и топливно-энергетические ресурсы. По экспертным оценкам объемы накопления отходов в промышленности составляют около 80 млрд. тонн, объемы образования отходов - около 3 млрд. тонн в год (при годовом объеме потребления вторичных сырьевых ресурсов промышленностью менее 1 млрд. тонн). Средний уровень использования отходов в качестве вторичных ресурсов составляет около одной трети. Массовое накопление на промышленных предприятиях и в других сферах отходов производства и потребления говорит о несовершенстве технологий производства и о нерациональном использовании отходов в качестве вторичных ресурсов, но и создает экологические проблемы [ 1 ]. Основные пути решения проблем экологизации экономики и формирования устойчивого типа экономического развития следующие: структурная

---

© Илларионов И. Е., Стрельников И. А., 2017  
Илларионов Илья Егорович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой материаловедения и металлургических процессов, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия.  
Стрельников Игорь Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры материаловедения и металлургических процессов, Чувашский государственный университет имени И. Н. Ульянова, г. Чебоксары, Россия.

перестройка экономики, изменение сырьевой ориентации экспорта; разработка и применение природоохраняющих или безотходных технологий, замкнутых циклов производства, глубоко продуманное, наиболее рациональное размещение “грязных” производств; прямые природоохранные мероприятия. Наиболее рациональным направлением утилизации промышленных отходов является их использование как техногенного сырья при получении различного вида продукции и прежде всего строительного и металлургического назначения. В проблеме рациональной утилизации промышленных отходов в единый узел сплелись вопросы охраны окружающей среды и ресурсосбережения. Решение проблемы ресурсосбережения в различных отраслях возможно при комплексном использовании технических, организационных, экономических факторов и применении современных технологических процессов. Использование промышленных отходов обеспечивает производство богатым источником дешёвого и часто уже подготовленного сырья; приводит к экономии капитальных вложений, предназначенных для строительства предприятий, добывающих и перерабатывающих сырьё, повышению уровня их рентабельности; высвобождению значительных площадей земельных угодий и снижению степени загрязнения окружающей среды. Повышение уровня использования промышленных отходов является важнейшей производственной задачей. На основе применения отходов промышленности возможно развитие производства не только традиционных, но и новых эффективных строительных и других материалов. Новые материалы обладают комплексом улучшенных технических и технологических свойств и в то же время характеризуются наименьшей ресурсоёмкостью как в процессе производства, так и при применении [ 2,3 ]. Масштабы применения промышленных отходов в производстве строительных материалов в РФ неуклонно увеличиваются. Некоторые виды отходов, как, например, доменные гранулированные шлаки, пользуются достаточным спросом в настоящее время и используются полностью. Передовые металлургические предприятия переходят практически на безотвальную работу. В промышленности накоплен положительный опыт создания комбинированных производств. Это производство глинозёма, содопродуктов и портландцемента на основе нефелиновых шламов и известняков, легированного чугуна и глинозёмистого цемента и др. Значительно меньше, чем доменные, используются пока сталеплавильные шлаки. Объём их использования составляет около 65%. Незначителен уровень применения шлаков цветной металлургии. Утилизируется лишь около 15 % объёма золошлаковых отходов энергетической промышленности, которые наряду с металлургическими шлаками можно отнести к наиболее значительным сырьевым ресурсам для промышленности строительных материалов. Неудовлетворителен пока уровень использования отходов деревообрабатывающей, химической, нерудной и ряда других отраслей промышленности. Развитие и совершенствование производства современных материалов и продукции, повышение их экономической эффективности на данном этапе в значительной степени будут определяться рациональностью использования сырьевых ресурсов, полнотой вовлечения в производство отходов различных отраслей промышленности. При этом в основе безотходных производств лежит идея комплексного использования сырья. В зависимости от физико – химических свойств отходов, а также от их количества применяют различные методы обезвреживания и переработки: механические, биологические, химические, сорбционные, термические, а также комбинированные. На ряде металлургических предприятий освоена технология регенерации металлов путём переработки шлаков, шламов и др. Каждая тонна алюминия, извлечённого из отходов, обходится в 10 раз, меди – в 6, цинка – в 3,5

и свинца – в 2,5 раза дешевле, чем те же металлы, выплавленные обычным способом – из рудного сырья.[3,4] Эффективное решение проблемы промышленных отходов – это внедрение безотходной технологии. Безотходные производства основаны на принципиальном изменении технологических процессов, разработке систем с замкнутым циклом, обеспечивающих многократное использование продуктов и комплексном использовании сырья. При комплексном использовании сырьевых материалов промышленные отходы или побочные продукты одних производств являются исходными материалами других. Важность комплексного использования сырьевых материалов можно рассматривать в нескольких аспектах. Во-первых, утилизация отходов позволяет решать задачи по охране окружающей среды, освобождать ценные земельные угодья, отчуждаемые под отвалы и шламохранилища, устранивать вредные выбросы в окружающую среду. Во-вторых, отходы промышленности в значительной степени покрывают потребность ряда перерабатывающих отраслей в сырье, причём во многих случаях высококачественном, подвергнутом в процессе производства первичной технологической обработке (измельчению, обжигу и т.д.). В-третьих, при комплексном использовании сырья снижаются удельные капитальные затраты на единицу продукции и уменьшается срок их окупаемости, снижаются также непроизводительные расходы основного производства, связанные со складированием отходов, строительством и эксплуатацией хранилищ для них; уменьшаются затраты, расход теплоты и электроэнергии на новую продукцию за счёт технологической подготовленности отходов; увеличивается производительность оборудования. К настоящему времени, учитывая эффективность применения многих минеральных и органических отходов в качестве сырьевых ресурсов, отходами их можно считать лишь по отношению к целевой продукции предприятий [ 2 ].

В различных отраслях промышленности образуется значительное количество побочных продуктов производственных процессов - материалов техногенного происхождения - отходов, содержащих химические соединения или их комплексы, введение которых в различные смеси (формовочные, стержневые, теплоизоляционные) литейного производства на этапе производства формы, стержней или теплоизоляционных оболочек позволяют достичь результатов, по качеству сопоставимых со стандартными требованиями, а иногда и превышающими их. Например, некоторые техногенные отходы, такие как шламы гальванических производств, золы и шлаки теплоэлектростанций (ТЭС), шлаки цветной и черной металлургии, отходы мукомольного и крахмального производства, в частности экструзионный крахмальный реагент являются ценным сырьем для получения различной продукции. Кроме того, такие отходы по опытным данным, могут быть использованы в литейном производстве в составах для приготовления различных смесей [ 4 ].

Авторами [6] предлагается использовать состав для изготовления литейных форм, включающий гипс, кварцевый песок, отличающийся тем, что он дополнительно содержит осадок после нейтрализации гальванического производства, при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Гипс 30-40

Осадок после нейтрализации  
гальванического производства 20-40

Кварцевый песок остальное

Введение осадка после нейтрализации гальванического производства в указанных количествах позволяет получать формовочные смеси с оптимальными свойствами, обеспечивающими изготовление качественных литейных форм [ 5 ].

Предлагается также использовать смесь для изготовления литейным форм и стержней, отверждаемых тепловой сушкой, содержащую формовочную глину, огнеупорный наполнитель, связующее и воду, отличающуюся тем, что в качестве связующего смесь содержит экструзионный крахмальный реагент при следующем соотношении ингредиентов, мас. %:

Формовочная глина 4-5

Экструзионный крахмальный реагент 1-5

Вода 2-4

Огнеупорный наполнитель остальное

Таким образом, введение реагента в указанных количествах позволяет получать формовочные смеси с оптимальными свойствами, обеспечивающими изготовление качественных литейных форм. При этом уменьшается стоимость формовочных смесей за счет низкой стоимости реагента, являющегося отходом мукомольного и крахмального производства. Экструзионный крахмальный реагент является готовым материалом, включающим в себя отходы производства. Дальнейшей дополнительной обработке (помолу и просеиванию) данный реагент перед употреблением в формовочной смеси не подвергается. Введение в состав экструзионного крахмального реагента, который представляет собой тонкодисперсное вещество с весьма малым размером частиц, позволяет увеличить прочностные характеристики смеси. Оптимальное содержание реагента в смеси находится в пределах 1 – 5 % [ 6 ].

В настоящее время основным потребителем доменных шлаков является цементная промышленность. Для цементной промышленности также перспективными являются некоторые другие виды металлургических шлаков: феррохромовый, позволяющий получать цветной портландцементный клинкер; никелевые и медные, применяемые в качестве железистого компонента сырьевой цементной смеси и активной минеральной добавки: шлаки алюмотермического производства ферросплавов и вторичной переплавки алюминия и его сплавов – как сырьё для производства глинозёмистого цемента и сверхбыстротвердеющего портландцемента: сталерафинировочные шлаки, пригодные для получения расширяющихся цементов. Для получения шлаковых вяжущих автоклавного твердения возможно применение как гранулированных, так и медленно охлаждённых сталеплавильных шлаков и шлаков цветной металлургии. На металлургических заводах образуется значительное количество различных железосодержащих пылей и шламов. Они с успехом могут применяться в качестве железистой корректирующей добавки в производстве портландцементного клинкера. Железосодержащие добавки используются также при получении керамзита для улучшения всучивания и спекания глинистого сырья. Кроме того, предлагается использовать теплоизоляционную смесь для утепления прибылей отливок, содержащую металлофосфатное связующее и отход ваграночного производства чугуна, отличающуюся тем, что смесь дополнительно содержит трепел, а в качестве фосфатного связующего – алюмохромофосфатное связующее при следующем соотношении компонентов, мас. %:

Алюмохромфосфатное связующее 8-12

Трепел 5-10

Отход ваграночного производства чугуна остальное

Полученная смесь для утепления прибылей отливок обладает повышенной формируемостью и улучшенными физико-механическими свойствами, в результате улучшается охрана окружающей среды за счёт утилизации отхода ваграночного производства и снижается себестоимость за счёт использования промышленных отходов и природного трепела, утилизируются отходы производства, решается экологическая проблема [ 7 ].

Подобранный совокупность компонентов и их количественное соотношение обеспечивает увеличение теплоизолирующего эффекта смеси при достаточных физико-механических свойствах, необходимых для изготовления теплоизоляционных оболочек и вставок.

К отходам топливно – энергетической промышленности относятся продукты, получаемые в виде отходов при добыче, обогащении и сжигании твёрдого топлива. Эту группу отходов разделяют по источнику образования, виду топлива, числу пластичности минеральной части отходов, Содержанию горючей части, зерновому составу, химико – минералогическому составу, степени плавкости, интервалу размягчения, степени всучиваемости. При сжигании твёрдых видов топлива в топках тепловых электростанций (ТЭС) образуются зола в виде пылевидных остатков и кусковый шлак, а также золошлаковые смеси. Они являются продуктами высокотемпературной обработки минеральной частицы топлива. Зола – унос представляет собой тонкодисперсный материал, состоящий в основном из частиц размером 5 – 100 мкм. Её химико – минералогический состав соответствует составу минералогической части сжигаемого топлива. Авторами [ 8 ] предлагается использовать золу – унос ТЭС в составе смесей для изготовления литейных форм и стержней, отверждаемых тепловой сушкой. Смесь содержит, мас.%: формовочную глину 2,5 – 3,5; алюмохромфосфатную связку 3,0 – 4,0; воду до 1,0 %; золу – унос ТЭС 0,5 – 1,5 %; огнеупорный наполнитель остальное. Смесь готовят путём сухого перемешивания огнеупорного наполнителя (кварцевого песка), формовочной глины и золы – уноса ТЭС в течение 2 – 3 мин. Далее вводят волу и перемешивают 5 – 6 мин., после чего вводят алюмохромфосфатное связующее (АХФС) и перемешивают ещё 3 – 4 мин. Итого общее время перемешивания не более 13 мин. Образцы сушат при 180 – 200 градусов Цельсия в течение 20 – 30 мин. Вода в количестве 0,4 – 0,6 % необходима для повышения адгезии глины к огнеупорному наполнителю. При содержании воды менее 0,4 % увеличивается осыпаемость смеси, а при содержании более 0,6 % снижается прочность в сыром состоянии. Добавка золы – уноса ТЭС в количестве 0,5 - 1,5 % снижает прилипаемость смеси к оснастке, повышает прочность в высушенном состоянии, снижает осыпаемость. При более низком содержании золы – уноса не достигается необходимого значения прилипаемости, а при более высоком не наблюдается дальнейшего улучшения свойств смеси. Зола – унос ТЭС представляет собой тонкодисперсное вещество с весьма малым размером частиц, что позволяет использовать её без помола. Таким образом, использование данного изобретения позволит улучшить условия труда, повысить прочность стержней и форм, газопроницаемость, снизить газотворность, а также расширить арсенал средств данного назначения.

Предлагается также использовать смесь, содержащую в составе керамзитовую пыль для изготовления литейных форм и стержней, отверждаемых тепловой сушкой. Смесь содержит, масс. %: формовочную глину 3,0 – 3,5; крахмалит 0,3 – 0,5; воду 0,8 – 1,0; алюмохромфосфатное связующее (АХФС) 3,0 – 4,0; керамзитовую пыль 0,5 – 1,0; огнеупорный наполнитель остальное [ 9 ].

Изобретение относится к литейному производству, а именно к составам смесей для изготовления литейных форм и стержней, отверждаемых тепловой сушкой. Крахмалит представляет собой продукт на основе кукурузного крахмала, получаемый при термообработке крахмалобелковой суспензии на вальцовой сушке. Цель изобретения – улучшение качества форм и стержней за счёт повышения их прочности в сухом состоянии, увеличения газопроницаемости. Предлагаемую смесь готовят путём сухого перемешивания огнеупорного наполнителя, формовочной глины и керамзитовой пыли в течение 2 – 3 мин. Одновременно готовится суспензия воды и крахмалита. Далее вводят суспензию в сухую смесь и перемешивают 5 – 6 мин., после чего вводят АХФС и перемешивают ещё 3 – 4 мин. Общее время перемешивания не более 13 мин. Образцы сушат при 180 – 200 градусов Цельсия в течение 10 – 20 мин. Керамзитовая пыль – пылевидный отход керамзитового производства, имеет следующий химический состав, мас. %: оксид кремния 48 – 80; оксид алюминия 7 – 27; оксиды железа 0,5 – 13,5; оксид кальция 0,5 – 20,0; оксид магния 0,3 – 12,0; оксиды калия и натрия 0,5 – 7,5. Керамзитовая пыль в пределах 0,5 – 1,0 обеспечивает интенсивное объёмное твердение, ускоряет сушку, препятствует прилипаемости смеси к оснастке. При более низком содержании керамзитовой пыли не достигается значения интенсификации твердения, прилипаемости и прочности в высушенному состоянии, а при более высоком увеличивается осыпаемость. Формовочная глина в количестве 3,0 – 3,5 мас.% обеспечивает сырую прочность смеси. При содержании глины ниже 3 мас.% не обеспечивается требуемой прочности на сжатие в сыром состоянии, а при содержании свыше 3,5 мас.% возрастает осыпаемость смеси. Вода в количестве 0,8 – 1,0 мас.% необходима для повышения адгезии глины к огнеупорному наполнителю. При содержании воды менее 0,8 мас.% увеличивается осыпаемость смеси, а при содержании свыше 1 мас.% снижается прочность в сыром состоянии. Использование предлагаемого изобретения позволит улучшить условия труда, повысить прочность стержней и форм, газопроницаемость, снизить осыпаемость, а также расширить арсенал средств данного назначения и утилизировать отходы керамзитового производства.

Перед современным литейным производством ставятся задачи по снижению себестоимости, повышению качества и товарного вида отливок, а также по повышению экологической безопасности производства. Решение этих задач во многом связано с разработкой новых, более технологичных составов формовочных и других смесей, а также с оптимизацией существующих способов их приготовления и упрочнения.

Комплексное использование сырья и техногенных отходов производства даёт возможность увеличить выпуск многих видов продукции на 25-30%, снизить ее себестоимость в несколько раз.

Проблемы утилизации отходов промышленных производств становятся всё более актуальными. Практика показывает, что основная масса всех образующихся технологических отходов не может быть переработана (utiлизирована) на тех предприятиях, где данные отходы образуются. Распространение получает практика использования отходов в смежных отраслях. При этом особая роль при решении данной проблемы отводится литейно-металлургическому производству – основной заготовительной базе машиностроения [10]–[15].

## ЛИТЕРАТУРА

1. Илларионов, И. Е. Экологические проблемы металлургического производства: конспект лекций / И. Е. Илларионов, Ю. А. Жупавлёв, И.А. Стрельников. – Чебоксары : Изд-во Чуваш. ун-та, 2015. - 88 с.
2. Дворкин, Л.И. Строительные материалы из отходов промышленности /Л.И. Дворкин, О.Л. Дворкин. – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368 с.
3. Илларионов, И.Е. Основы промэкологии, теории процессов и аппаратов очистки технологических и аспирационных газов литейно – металлургических и смежных производств: Монография Ч.1./ И.Е. Илларионов, И.О. Леушин, В.А. Ульянов, В.Н. Гущин, В.В. Новоселов. Под общей ред.Илларионова И.Е. Чебоксары – Н.Новгород: НГТУ, 2003. – 196 с.
4. Илларионов, И.Е. Основы промэкологии, теории процессов и аппаратов очистки технологических и аспирационных газов литейно – металлургических и смежных производств: Монография Ч.2./ И.Е. Илларионов, И.О. Леушин, В.А. Ульянов, В.Н. Гущин, В.В. Новоселов. Под общей ред.Илларионова И.Е. Чебоксары – Н.Новгород: НГТУ, 2003. – 216 с.
- 5.Патент РФ №2187404 “Состав для изготовления литейных форм” от 20.08.2002. Авторы: Илларионов И. Е., Стрельников И. А., Никитин С. И. Бюл.№23.
- 6.Патент РФ №2267376 “Состав для изготовления литейных форм и стержней” от 10.01.2006. Авторы: Стрельников И. А., Евлампиев А. А., Иванова Л. А. Был.№01.
- 7.Патент РФ №2356688 “Теплоизоляционная смесь для утепления прибылей отливок” от 27.05.2009. Авторы: Илларионов И.Е., Стрельников И.А., Петрова Н. В., Журавлев А.Ф. Бюл.№15.
- 8.Патент РФ № 2033880 “Смесь для изготовления литейных форм и стержней” от 30.04.1995. Авторы: Илларионов И.Е., Стрельников И.А.
- 9.Патент РФ № 2026766 “Смесь для изготовления литейных форм и стержней, отверждаемых тепловой сушкой” от 20.01.1995. Авторы: Илларионов И.Е., Стрельников И.А.
10. А.Н. Грачёв, О.С. Кошелев, И.О. Леушин, Л.И. Леушкина, К.А. Маслов, Шлам селитровых ванн термических цехов – перспективный материал для литейно – металлургического производства “Заготовительные производства в машиностроении”2013, №10, С. 6-8.
11. И.Е. Илларионов, И.А. Стрельников, В.С. Григорьев. Применение ресурсосберегающих холоднотвердеющих металлофосфатных смесей. В сб.: “Современные технологии в машиностроении и литейном производстве”. Материалы I - ой Международной научно – практической конференции. Чебоксары, 2015. С. 122 – 131.
12. А.А. Моляков, В.Н. Цай, Г.А. Троицкий. Холоднотвердеющее металлофосфатные смеси и противопригарные покрытия. В сб.: “Современные технологии в машиностроении и литейном производстве”. Материалы I - ой Международной научно – практической конференции. Чебоксары, 2015. С. 113 – 121.
- 13.И.Е. Илларионов, И.А. Стрельников. О применении теплоизоляционных металлофосфатных смесей. Литейное производство, 2015, №7, С. 14 – 16.
14. И.Е. Илларионов, И.А. Стрельников, Е.С. Соколов. Теплоизоляционные металлофосфатные смеси, обладающие экзотермическим эффектом. В сб.: “Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии”. Материалы II - ой Республиканской научно – практической конференции. Чебоксары, 2016. С. 74 – 80.

15. И.Е. Илларионов, И.А. Стрельников, А.В. Королёв, Е.П. Шалунов, Е.С. Соколов, А.В. Мотков, В.С. Григорьев, С.В. Иванов Модифицированные металлофосfatные связующие и смеси на их основе для производства отливок из различных сплавов. В сб.: “Проектирование и перспективные технологии в машиностроении и металлургии”. Материалы II - ой Республиканской научно – практической конференции. Чебоксары, 2016. С. 23 – 32.

*I. E. Illarionov, I. A. Strelnikova*

## ON THE APPLICATION OF TECHNOGENIC WASTE IN FOUNDRY

*Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia*

**Abstract.** Currently, the elaboration of technologies of handling of technogenic wastes, it is also important in the foundry. It is proposed to use the developed formulations for the manufacture of molds, cores and insulating sheaths.

**Keywords:** technology, industrial waste, molds, cores, components, insulating compositions and molding compounds.

### REFERENCES

1. Illarionov, I. E. EHkologicheskie problemy metallurgicheskogo proizvodstva: konspekt lekcij / I. E. Illarionov, YU. A. ZHupavlyov, I.A. Strel'nikov. – CHeboksary : Izd-vo CHuvash. un-ta, 2015. - 88 s.
2. Dvorkin, L.I. Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti /L.I. Dvorkin, O.L. Dvorkin. – Rostov n/D: Feniks, 2007. – 368 s.
3. Illarionov, I.E. Osnovy promehkologii, teorii processov i apparatov ochistki tekhnologicheskikh i aspiracionnyh gazov litejno – metallurgicheskikh i smezhnyh proizvodstv: Monografiya CH.1./ I.E. Illarionov, I.O. Leushin, V.A. Ul'yanov, V.N. Gushchin, V.V. Novoselov. Pod obshchej red.Illarionova I.E. CHeboksary – N.Novgorod: NGTU, 2003. – 196 s.
4. Illarionov, I.E. Osnovy promehkologii, teorii processov i apparatov ochistki tekhnologicheskikh i aspiracionnyh gazov litejno – metallurgicheskikh i smezhnyh proizvodstv: Monografiya CH.2./ I.E. Illarionov, I.O. Leushin, V.A. Ul'yanov, V.N. Gushchin, V.V. Novoselov. Pod obshchej red.Illarionova I.E. CHeboksary – N.Novgorod: NGTU, 2003. – 216 s.
5. Patent RF №2187404 “Sostav dlya izgotovleniya litejnyh form” ot 20.08.2002. Avtory: Illarionov I. E., Strel'nikov I. A., Nikitin S. I. Byul.№23.
6. Patent RF №2267376 “Sostav dlya izgotovleniya litejnyh form i sterzhnej” ot 10.01.2006. Avtory: Strel'nikov I. A., Evlampiev A. A., Ivanova L. A. Byl.№01.
7. Patent RF №2356688 “Teploizolyacionnaya smes’ dlya utepleniya pribylej otlivok” ot 27.05.2009. Avtory: Illarionov I.E., Strel'nikov I.A., Petrova N. V., ZHuravlev A.F. Byul.№15.
8. Patent RF № 2033880 “Smes’ dlya izgotovleniya litejnyh form i sterzhnej” ot 30.04.1995. Avtory: Illarionov I.E., Strel'nikov I.A.
9. Patent RF № 2026766 “Smes’ dlya izgotovleniya litejnyh form i sterzhnej, otverzhdaemyh teplovoj sushkoj” ot 20.01.1995. Avtory: Illarionov I.E., Strel'nikov I.A.
10. A.N. Grachyov, O.S. Koshelev, I.O. Leushin, L.I. Leushina, K.A. Maslov, SHlam selitrovyyh vann termicheskikh cekhov – perspektivnyj material dlya litejno –

---

*Illarionov Il'ja Egorovich, Ph. D., Professor, Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia.*

*Strelnikov Igor' Anatol'evich, Ph. D., Ass. Professor, Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary, Russia.*

metallurgicheskogo proizvodstva "Zagotovitel'nye proizvodstva v mashinostroenii" 2013, №10, S. 6-8.

11. I.E. Illarionov, I.A. Strel'nikov, V.S. Grigor'ev. Primenenie resursosberegayushchih holodnotverdeyushchih metallofosfatnyh smesej. V sb.: "Sovremennye tekhgologii v mashinostroenii i litejnem proizvodstve". Materialy I - oj Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoy konferencii. CHeboksary, 2015. S. 122 – 131.

12. A.A. Molyakov, V.N. Caj, G.A. Troickij. Holodnotverdeyushche metallofosfatnye smesi i protivoprigarnye pokrytiya. V sb.: "Sovremennye tekhgologii v mashinostroenii i litejnem proizvodstve". Materialy I - oj Mezhdunarodnoj nauchno – prakticheskoy konferencii. CHeboksary, 2015. S. 113 – 121.

13. I.E. Illarionov, I.A. Strel'nikov. O primenenii teploizolyacionnyh metallofosfatnyh smesej. Litejnoe proizvodstvo, 2015, №7, S. 14 – 16.

14. I.E. Illarionov, I.A. Strel'nikov, E.S. Sokolov. Teploizolyacionnye metallofosfatnye smesi, obladayushchie ehkzotermicheskim effektom. V sb.: "Proektirovanie i perspektivnye tekhgologii v mashinostroenii i metallurgii". Materialy II - oj Respublikanskoy nauchno – prakticheskoy konferencii. CHeboksary, 2016. S. 74 – 80.

15. I.E. Illarionov, I.A. Strel'nikov, A.V. Korolyov, E.P. SHalunov, E.S. Sokolov, A.V. Motkov, V.S. Grigor'ev, S.V. Ivanov. Modificirovannye metallofosfatnye svyazuyushchie i smesi na ih osnove dlya proizvodstva otlivok iz razlichnyh splavov. V sb.: "Proektirovanie i perspektivnye tekhgologii v mashinostroenii i metallurgii". Materialy II - oj Respublikanskoy nauchno – prakticheskoy konferencii. CHeboksary, 2016. S. 23 – 32.