



Оригинальная статья

УДК 669.187

DOI 10.17073/0368-0797-2022-7-479-485

<https://fermet.misis.ru/jour/article/view/2341>



РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ ПОДАЧИ РАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ СМАЗКИ НА ПРЕСС-ФОРМЫ ЛИТЕЙНЫХ КОМПЛЕКСОВ ЗАО «РИФАР»

А. В. Нефедов¹, Е. Г. Новиков¹, О. Н. Чиченева²,
Т. Ю. Горовая³, А. Н. Фортунатов³

¹ Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС» (Россия, 426359, Оренбургская обл., Новотроицк, ул. Фрунзе, 8)

² Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС» (Россия, 119049, Москва, Ленинский пр., 4)

³ Выксунский филиал НИТУ «МИСиС» (Россия, 607060, Нижегородская область, Выксунский район, рабочий поселок Шиморское, ул. Калинина, 206)

Аннотация. Компания «Рифар» является отечественным изготовителем новой серии биметаллических и алюминиевых секторных радиаторов высокого качества. Изготовление биметаллических радиаторов отопления осуществляется с помощью гидравлического пресса. Для наименьшего прилипания сплава к стенкам пресс-форм (особенно при литье алюминия), для уменьшения износа пресс-форм и для уменьшения задигов на заготовках используется смазка пресс-форм разделительной смазкой, которая забирается из индивидуального промежуточного бака, стоящего около каждого литейного комплекса. При этом смазку заправляют один раз, и она используется на протяжении всей смены, после чего бак с помощью виловых погрузчиков направляется на заправку. Для повышения эксплуатационной надежности и удобства технического обслуживания литейных комплексов предлагается индивидуальную подачу разделительной смазки на пресс-формы литейных комплексов заменить на систему централизованной подачи. Разработана гидравлическая схема, определен объем и конструкция гидравлического бака для концентрата, выполненного из листовой стали с помощью сварки. В результате разработки системы централизованной подачи разделительной смазки на пресс-формы литейных комплексов удалось упростить схему подачи смазки, снизить расходы на топливо и уменьшить трудоемкость технического обслуживания. Замена индивидуальной подачи на централизованную повышает надежность подачи разделительной смазки на пресс-формы литейных комплексов. Расчеты показывают, что реализация проектного решения не требует больших капитальных затрат, а в результате внедрения предлагаемых мероприятий снизится себестоимость продукции на 0,02 %. Срок окупаемости предлагаемого инвестиционного проекта не превышает 1 месяца.

Ключевые слова: пресс для литья под давлением, разделительная смазка, индивидуальная подача смазки

Для цитирования: Нефедов А.В., Новиков Е.Г., Чиченева О.Н., Горовая Т.Ю., Фортунатов А.Н. Разработка системы централизованной подачи разделительной смазки на пресс-формы литейных комплексов ЗАО «Рифар» // Известия вузов. Черная металлургия. 2022. Т. 65. № 7. С. 479–485. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-7-479-485>

Original article

DEVELOPMENT OF A CENTRALIZED SYSTEM FOR SEPARATING LUBRICATION SUPPLY ON PRESS-FORMS OF JSC “RIFAR” CASTING COMPLEXES

A. V. Nefedov¹, E. G. Novikov¹, O. N. Chicheneva²,
T. Yu. Gorovaya³, A. N. Fortunatov³

¹ Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology “MISIS” (8 Frunze Str., Novotroitsk, Orenburg Region 426359, Russian Federation)

² National University of Science and Technology “MISIS” (4 Leninskii Ave., Moscow 119049, Russian Federation)

³ Vyksa Branch of the National University of Science and Technology “MISIS” (206 Kalinina Str., Shimorskoe, Vyksa District, Nizhny Novgorod Region 607060, Russian Federation)

Abstract. The company "Rifar" is a domestic manufacturer of a new series of bimetallic and aluminum sector radiators of high quality. Production of bimetallic heating radiators is carried out using a hydraulic press. For the least adhesion of the alloy to the molds walls (especially when casting aluminum) the lubrication of the molds with a separating lubricant is used to reduce the wear of molds and refills on the blanks. Currently, the lubrication of the molds is used. Separating lubricant for the molds is taken from the individual intermediate tank standing near each foundry complex.

In this case, the lubricant is filled once, and it is used throughout the shift. After that, the tank with the help of forklifts is sent to refueling. To increase the operational reliability and ease of maintenance of foundry complexes, it is proposed to replace the individual supply of separating lubricant to the molds of foundry complexes with a centralized supply system. As a result of development of a system for the centralized supply of separating lubricant to casting complexes molds, it was possible to simplify the lubricant supply scheme, to reduce fuel costs and maintenance complexity. Replacing the individual supply of the separating lubricant to the molds of the casting complexes with the centralized supply system improves the reliability of separating lubricant supply to such complexes molds. Calculations showed that implementation of design solutions does not require large capital expenditures, and as a result of the implementation of the proposed measures, the production cost will decrease by 0.02 %; the payback period of the proposed investment project does not exceed 1 month.

Keywords: injection molding press, separating lubricant, individual lubrication supply

For citation: Nefedov A.V., Novikov E.G., Chicheneva O.N., Gorovaya T.Yu., Fortunatov A.N. Development of a centralized system for separating lubrication supply on press-forms of JSC "Rifar" casting complexes. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2022, vol. 65, no. 7, pp. 479–485. (In Russ.)

<https://doi.org/10.17073/0368-0797-2022-7-479-485>

В настоящее время на металлургических предприятиях большое внимание уделяется усовершенствованию существующего оборудования, введению новых передовых технологий, полной автоматизации управления металлургическими процессами с использованием высокопроизводительных компьютерных систем, совершенствованию организации труда и повышению квалификации работающего персонала [1–4]. При этом значительное внимание уделяется выявлению узких [5–8] мест в работе основного технологического оборудования и накоплению данных для разработки организационных и технических мероприятий по снижению внеплановых простоев оборудования [9–13]. Одной из важных проблем металлургической промышленности является повышение надежности оборудования [14–17], которая решается путем модернизации или замены устаревшего оборудования [17–21]. В статье рассматриваются вопросы внедрения в производство устройства централизованной подачи разделительной смазки на пресс-формы литейных комплексов ЗАО «Рифар».

Компания «Рифар» является отечественным изготовителем новой серии биметаллических и алюминиевых секторных радиаторов высокого качества. Они хорошо эксплуатируются в России и странах СНГ как в автономных системах отопления частных домов и коллективных системах теплоснабжения коттеджных поселков, так и в системах центрального отопления многоэтажных сооружений и зданий. Радиаторы «Рифар» хорошо зарекомендовали себя в различных российских регионах и странах СНГ. Высокая надежность радиаторов обеспечивает способность сохранять работоспособность на протяжении долгого времени и дает возможность создавать комфортное тепло при любых функциональных системах отопления [17–18].

В литейном отделении располагается плавильная газовая печь итальянского производства МТХ-300, в которой производится плавка и разливка алюминия. Алюминиевый сплав высокого качества российских производителей, стабильное поддержание постоянной температуры, строгое дозирование объема металла позволяют минимизировать затраты на отходы производства. Для выплавки расплава необходимо использовать

алюминиевые чушки АК12М2 по ГОСТ 1583-93. Загрузка слитков (чушек) и вторичных отходов (литников и облоя) в печь осуществляется автоматическим скиповым подъемником, на штыри которого надевается загрузочная тележка. Для достижения максимальной производительности печи необходимо строго соблюдать порядок и график загрузки шихтовых материалов, предусмотренных нормативными документами [19–20].

Изготовление биметаллических радиаторов отопления осуществляется с помощью гидравлического пресса OL-A 1200. Принцип пресса литья под давлением основывается на принудительном заполнении рабочей формовочной полости расплавом и формирование заготовок под действием давления пресс-поршня, перемещающегося в камере прессования, заполненной расплавом [21–26]. В отличие от кокиля, рабочие поверхности пресс-формы, контактирующие с отливкой, не имеют огнеупорного покрытия. Этот процесс приводит к необходимости кратковременного заполнения пресс-форм расплавом и действия на кристаллизующуюся отливку избыточного давления, в сотни раз больше гравитационного. Реализуемый на современных гидравлических машинах, данный процесс обеспечивает получение в час от десятков до сотен тысяч отливок разного назначения высокого качества, низкой шероховатости, с размерами и поверхностями, соответствующими или максимально приближенными к готовой детали.

На рис. 1 представлено устройство пресса ЗАО «Рифар».

Для наименьшего прилипания сплава к стенкам пресс-форм (особенно при литье алюминия), снижения износа пресс-форм и уменьшения задигов на заготовках используется смазка пресс-форм разделительной смазкой. Также смазываются детали камеры прессования (наполнительный стакан, поршень, пята).

Для выхода качественных заготовок смазка должна быть нанесена тонким слоем. Ее избыток стекает в форму прессования, не дает полностью заполнить контур пресс-формы и способствует образованию «мороза». Помимо этого, при большом количестве смазки увеличивается образование пузырьков, создающее в пресс-

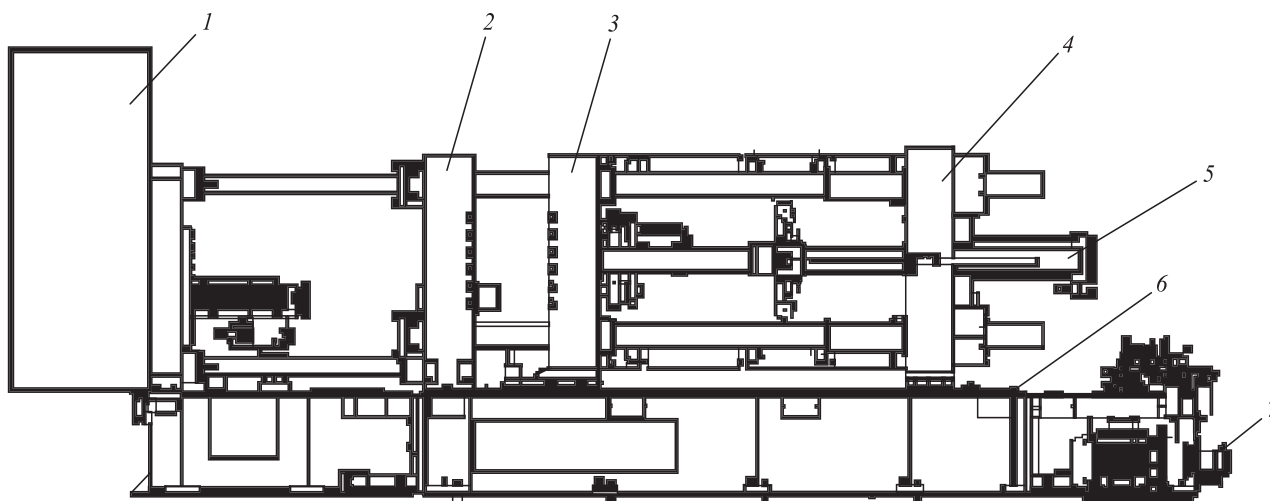


Рис. 1. Устройство пресса для литья под давлением:

1 – плита; 2 – подвижная плита; 3 – неподвижная плита; 4 – гидроаккумуляторы; 5 – станина; 6 – гидронасосы; 7 – гидроцилиндр

Fig. 1. Installation of the injection molding press:

1 – plate; 2 – movable plate; 3 – fixed plate; 4 – hydraulic accumulators; 5 – frame; 6 – hydraulic pumps; 7 – hydraulic cylinder

форме дополнительное давление, что приводит к образованию облоя на отливках (облой – это часть расплава, затекающая в плоскости разреза и остающаяся на отливке).

Смазывать требуется те места пресс-формы, к которым может прилипнуть сплав, и места, оставляющие на заготовке задиры или риски. Смазку стержней и пресс-форм необходимо проводить периодически, в рабочее время, в зависимости от формы отливки. Сложные пресс-формы нужно смазывать чаще, чем простые. Необходимо смазывать детали камеры после нескольких циклов работы. При литье заготовок из латуни первые заготовки после смазывания отбрасывают, так как они насыщены газом и считаются бракованными.

Наилучшим способом нанесения разделительной смазки на все рабочие детали является нанесение пульверизатором, который обеспечивает тонкий и равномерный слой. Разделительные смазки, применяемые для пресс-форм, должны быть стойкими при высокой температуре и давлении, не вызывать коррозию отливок и частей пресс-формы, не быть вредными для работающих, образовывать устойчивую пленку на поверхности пресс-форм и камере прессования.

Смазывающее устройство – узел литейной машины, предназначенный для охлаждения пресс-форм и смазки их рабочей поверхности разделительной смазкой. Оно состоит из блока форсунок, оснащенных системой инжекции. Блок форсунок закреплен на станине, которая передвигается по вертикальной и горизонтальной оси с определенной скоростью, задаваемой оператором через систему управления. Смазка пресс-формы осуществляется автоматическим смазчиком, распыляющим разделительную смазку FONDEROL FK-F-002 на рабочую поверхность подвижной и неподвижной части пресс-формы.

Получение качественной продукции литейного отделения в большой степени зависит от подготовки эмульсии перед использованием. Необходимым условием является правильное соотношение количества концентрата в воде. При недостаточно концентрированной эмульсии будут происходить задиры на заготовках или залипание пресс-форм, при этом производится большое количество бракованных секций алюминиевых радиаторов. Комплексное решение данной проблемы возможно при модернизации подачи эмульсии литейного отделения ЗАО «Рифар». В условиях недостатка материальных ресурсов на техническое переоборудование, особое внимание следует уделять времени, затрачиваемому на заправки промежуточных баков концентрата. Для того, чтобы осуществить процесс смешивания концентрата с водой, используется налаженная система дозирования, которая позволяет поддерживать необходимую концентрацию разделительной смазки в воде.

В настоящее время разделительная смазка для смазки пресс-форм забирается из индивидуального промежуточного бака, стоящего около каждого литейного комплекса (рис. 2). При этом смазку заправляют один раз, и она используется на протяжении всей смены, после чего бак с помощью виловых погрузчиков направляется на заправку.

Более предпочтительным является применение централизованной магистрали для подачи разделительной смазки на литейные комплексы (рис. 3).

Данный вариант является более коммерчески выгодным, так как отпадает необходимость заправки каждого промежуточного бака, что поможет сократить время на заправку каждого отдельного промежуточного бака. Кроме того, упрощается контроль качества подаваемой эмульсии [27 – 32].

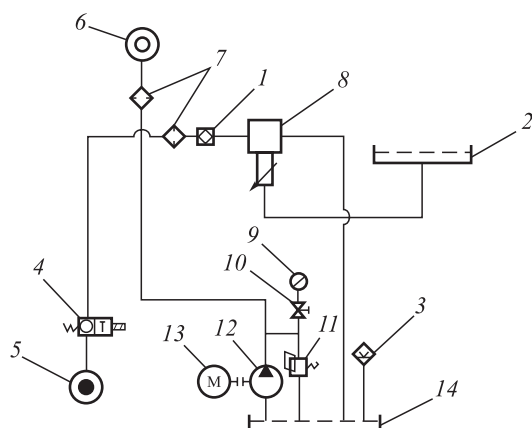


Рис. 2. Схема индивидуальной подачи разделительной смазки на пресс-формы:

1 – клапан обратный; 2 – бак гидравлический; 3 – датчик уровня; 4 – распределитель двухпозиционный; 5 – гидравлическая магистраль; 6 – смазывающее устройство; 7 – фильтр; 8 – дозатор; 9 – манометр; 10 – кран; 11 – клапан предохранительный; 12 – насос гидравлический; 13 – мотор электрический; 14 – бак промежуточный

Fig. 2. Scheme of individual supply of separating lubricant to the molds:

1 – check valve; 2 – hydraulic tank; 3 – level sensor; 4 – two-position distributor; 5 – hydraulic line; 6 – lubricating device; 7 – filter; 8 – dispenser; 9 – pressure gauge; 10 – crane; 11 – safety valve; 12 – hydraulic pump; 13 – electric motor; 14 – intermediate tank

Дозатор 8 устанавливается в сеть водоснабжения и использует давление воды в качестве движущей силы, в результате чего он всасывает разделительную смазку из гидравлического бака 2, дозирует в соответствии с требуемым процентным соотношением и затем смешивает с движущей водой. Полученный раствор направляется в промежуточные баки 14, установленные у каждого литейного комплекса. Из бака 14 гидравлическим насосом 12 раствор подается на смазывающее устройство 6. Вода для дозирования берется из цеховой магистрали 5. В гидравлическом баке для разделительной смазки предусмотрен датчик уровня жидкости.

Расход разделительной смазки $Q_{рс}$, мл/мин, определяется по формуле

$$Q_{рс} = C_{рс} Q_{вод} = 0,02 \cdot 3,4 = 0,068 \text{ л/мин},$$

где $C_{рс}$ – количество разделительной смазки в воде, $C_{рс} = 0,02$ мл/л; $Q_{вод}$ – расход воды на смешивание, $Q_{вод} = 3,4$ л/мин.

С учетом полученного расхода разделительной смазки определим, какой объем бака $V_{бак}$ необходим для работы всех восьми литейных комплексов ($Z_{лк} = 8$) в течение суток, т. е. при $T_{раб} = 24 \text{ ч} = 1440 \text{ мин}$:

$$V_{бак} = Z_{лк} Q_{рс} T_{раб} = 8 \cdot 0,068 \cdot 1440 = 783 \text{ л}.$$

Таким образом, в качестве емкости для разделительной смазки предлагается использовать бак объемом

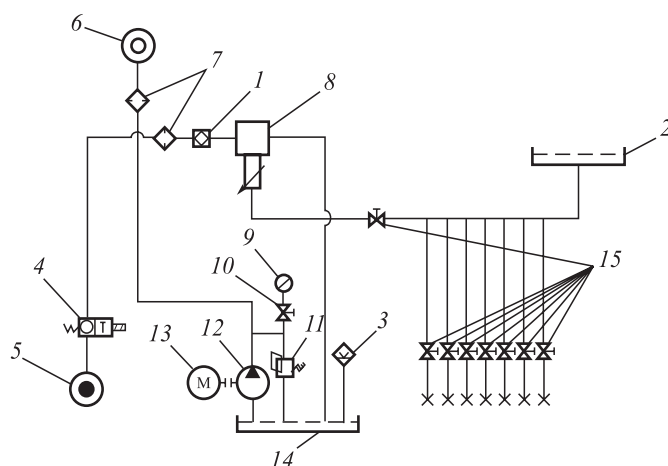


Рис. 3. Схема централизованной подачи разделительной смазки на пресс-формы:

1 – клапан обратный; 2 – бак гидравлический; 3 – датчик уровня; 4 – распределитель двухпозиционный; 5 – цеховая магистраль; 6 – смазывающее устройство; 7 – фильтр; 8 – дозатор; 9 – манометр; 10 – кран; 11 – клапан предохранительный; 12 – насос гидравлический; 13 – мотор электрический; 14 – бак промежуточный; 15 – кран аварийный

Fig. 3. Scheme of centralized supply of separating lubricant to the molds:

1 – check valve; 2 – hydraulic tank; 3 – level sensor; 4 – two-position distributor; 5 – shop line; 6 – lubricating device; 7 – filter; 8 – dispenser; 9 – pressure gauge; 10 – crane; 11 – safety valve; 12 – hydraulic pump; 13 – electric motor; 14 – intermediate tank; 15 – emergency crane

$V_{бак} = 800$ л, представленный на рис. 4. Для изготовления бака можно использовать любой имеющийся материал, так как разделительная смазка является достаточно инертной и не вступает в реакцию с поверхностью бака. Изготовление бака предлагается из листовой стали марки Ст3 с помощью применения ручной дуговой сварки. Нагрузка на стенки бака небольшая, поэтому проверочный расчет можно не проводить.

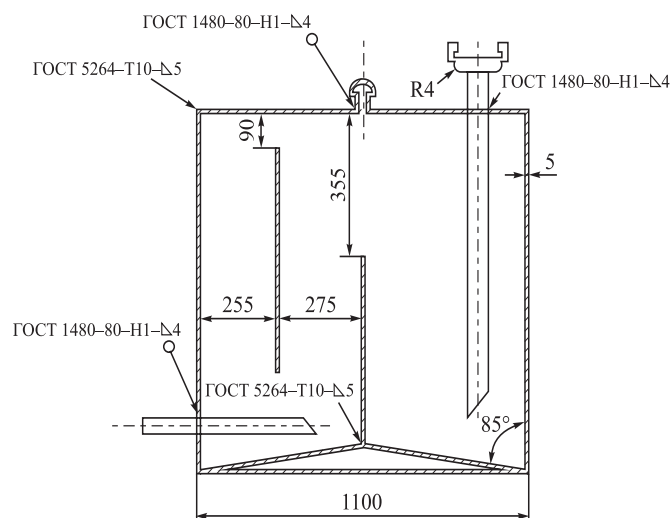


Рис. 4. Гидравлический бак для концентрата

Fig.4. Hydraulic tank for the concentrate

Для подачи разделительной смазки из бака к дозатору используются пластиковые трубки внутренним диаметром 4 мм и внешним диаметром 6 мм. Минимальный диаметр трубки определен, исходя из расхода разделительной смазки и скорости истечения жидкости $V_{pc} = 2$ м/с.

Для оценки экономической эффективности от внедрения централизованной подачи эмульсии составлена смета капитальных затрат, в результате чего установлено, что сумма капитальных вложений составляет около 80 тыс. руб. Основным экономический эффект, ожидаемый от внедрения централизованной подачи эмульсии на литейные комплексы, связан с сокращением расхода топлива для вилочных погрузчиков. До модернизации предприятие тратило на топливо 9,66 млн руб. Предлагаемое мероприятие по модернизации позволит уменьшить эти затраты на 1,15 млн руб, что благоприятно скажется на экономике предприятия, учитывая рост цен на топливо. В результате себестоимость одной секции батареи снизилась на 0,1 руб (0,02 %), что при объеме производства

11,5 млн шт. позволило получить значительный экономический эффект. Затраты на внедрение устройства подачи централизованной подачи эмульсии окупятся через 25 дней с начала эксплуатации. Данные показатели доказывают экономическую эффективность разработанного проекта.

Выводы

Разработана централизованная подача эмульсии на литейные комплексы ЗАО «Рифар», что позволило уменьшить затраты на топливо и снизить время на заправку гидравлических баков с разделительной смазкой. Выбраны основные элементы гидравлической системы, определена емкость и разработана конструкция бака для концентрата. Расчеты показывают, что реализация проектного решения не требует больших капитальных затрат, а в результате внедрения предлагаемых мероприятий снизится себестоимость продукции на 0,02 %. Срок окупаемости предлагаемого инвестиционного проекта не превышает 1 месяц.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

REFERENCES

1. Мажирин Е.А., Чиченев Н.А., Задорожный В.Д. Увеличение срока службы ножей дисковых ножниц для обрезки боковых кромок толстых листов // *Сталь*. 2009. № 1. С. 73–79.
2. Мажирин Е.А., Чиченев Н.А., Задорожный В.Д. Модернизация конструкции блоков станинных роликов черновой клетки толстолистового стана «2800» ОАО «Уральская сталь» // *Сталь*. 2008. № 12. С. 106–108.
3. Chichenev N.A., Gorbatyuk S.M., Naumova M.G., Morozova I.G. Using the similarity theory for description of laser hardening processes // *CIS Iron and Steel Review*. 2020. Vol. 19. P. 44–47. <http://doi.org/10.17580/cisirs.2020.01.09>
4. Горбатюк С.М., Кочанов А.В. Способ механического упрочнения поверхности прокатных валков и устройство для его реализации // *Металлург*. 2012. № 4. С. 73–77.
5. Чиченев Н.А. Импортозаменяющий реинжиниринг привода роликов промежуточного рольганга блюмовой МНЛЗ // *Металлург*. 2014. № 10. С. 57–59.
6. Чиченев Н.А. Реинжиниринг устройства для центрирования слэба в клетки обжимного стана // *Металлург*. 2018. № 7. С. 76–80.
7. Горбатюк С.М., Зарапин А.Ю., Чиченев Н.А. Модернизация вибрационного грохота горнорудного общества «Катока» (Ангола) // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018. № 1. С. 141–149.
8. Горбатюк С.М., Зарапин А.Ю., Чиченев Н.А. Реинжиниринг спирального классификатора горнорудного общества «Катока» (Ангола) // *Горный информационно-аналитический бюллетень*. 2018. № 2. С. 215–221.
9. Bardovskiy A.D., Gorbatyuk S.M., Keropyan A.M., Bibikov P.Ya. Assessing parameters of the accelerator disk of a centrifugal mill taking into account features of particle motion on the disk surface // *Journal of Friction and Wear*. 2018. Vol. 39. No. 4. P. 326–329. <https://doi.org/10.3103/S1068366618040037>
10. Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G., Chichenev N.A. Effect of laser treatment modes on metal surface marking color // *CIS Iron and Steel Review*. 2020. Vol. 20. P. 37–40. <http://doi.org/10.17580/cisirs.2020.02.09>
1. Mazhirin E.A., Chichenev N.A., Zadorozhnyi V.D. Extending the life of disk cutters for thick strip. *Steel in Translation*. 2009, vol. 39, no. 1, pp. 84–85. <https://doi.org/10.3103/S0967091209010215>
2. Mazhirin E.A., Chichenev N.A., Zadorozhnyi V.D. Modernizing the track units of the 2800 thick-sheet mill at OAO Ural'skaya Stal. *Steel in Translation*. 2008, vol. 38, no. 12, pp. 1048–1050. <https://doi.org/10.3103/S0967091208120255>
3. Chichenev N.A., Gorbatyuk S.M., Naumova M.G., Morozova I.G. Using the similarity theory for description of laser hardening processes. *CIS Iron and Steel Review*. 2020, vol. 19, pp. 44–47. <http://doi.org/10.17580/cisirs.2020.01.09>
4. Gorbatyuk S.M., Kochanov A.V. Method and equipment for mechanically strengthening the surface of rolling-mill rolls. *Metallurgist*. 2012, vol. 56, no. 3–4, pp. 279–283. <https://doi.org/10.1007/s11015-012-9571-2>
5. Chichenev N.A. Import-substituting reengineering of the drive rollers of intermediate roller gear of bloom CCM. *Metallurg*. 2014, no. 10, pp. 57–59. (In Russ.).
6. Chichenev N.A. Reengineering of the slab-centering unit of a roughing mill stand. *Metallurgist*. 2018, vol. 62, no. 7–8, pp. 701–706. <https://doi.org/10.1007/s11015-018-0711-1>
7. Gorbatyuk S.M., Zarapin A.Yu., Chichenev N.A. Retrofit of vibrating screen of Catoca mining company (Angola). *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2018, vol. 2018, no. 1, pp. 143–149. (In Russ.). <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-1-0-143-149>
8. Gorbatyuk S.M., Zarapin A.Yu., Chichenev N.A. Reengineering of spiral classifier of Catoca mining company ltd, Angola. *Mining Information and Analytical Bulletin*. 2018, vol. 2018, no. 2, pp. 215–221. (In Russ.). <https://doi.org/10.25018/0236-1493-2018-2-0-215-221>
9. Bardovskiy A.D., Gorbatyuk S.M., Keropyan A.M., Bibikov P.Ya. Assessing parameters of the accelerator disk of a centrifugal mill taking into account features of particle motion on the disk surface. *Journal of Friction and Wear*. 2018, vol. 39, no. 4, pp. 326–329. <https://doi.org/10.3103/S1068366618040037>
10. Gorbatyuk S.M., Morozova I.G., Naumova M.G., Chichenev N.A. Effect of laser treatment modes on metal surface marking color. *CIS Iron and Steel Review*. 2020, vol. 20, pp. 37–40. <http://doi.org/10.17580/cisirs.2020.02.09>

11. Чиченев Н.А., Шкитов В.С. Реинжиниринг привода вентилятора электросталеплавильного цеха АО «Уральская сталь» // Черные металлы. 2020. № 2. С. 57–61.
12. Keropyan A., Gorbatyuk S. Impact of roughness of interacting surfaces of the wheel-rail pair on the coefficient of friction in their contact area // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 406–410. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.753>
13. Кириллова Н.Л., Радюк А.Г., Титлянов А.Е., Горбатюк С.М. Использование газотермического покрытия и обмазки для совершенствования работы воздушных фурм доменных печей // Известия вузов. Черная металлургия. 2013. № 3. С. 3–7. <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2013-3-3-7>
14. Gorbatyuk S.M., Pashkov A.N., Morozova I.G., Chicheneva O.N. Technologies for applying Ni–Au coatings to heat sinks of SiC–Al metal matrix composite material // *Materials Today: Proceedings*. 2021. Vol. 38. Part 4. P. 1889–1893. <http://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.581>
15. Нефедов А.В., Новикова Ю.В., Чиченева О.Н. Манипулятор для подачи короба с жидким раствором для ремонта чугуновозных ковшей в доменном цехе АО «Уральская сталь» // Черные металлы. 2021. № 8. С. 4–9.
16. Nefedov A.V., Svichkar V.V., Chicheneva O.N. Re-engineering of equipment to feed the melting furnace with aluminum charge // *Proceedings of the 6th Int. Conf. on Industrial Engineering (ICIE 2020)*. Radionov A.A., Gasiyarov V.R. eds. Cham: Springer, 2021. P. 1198–1204. http://doi.org/10.1007/978-3-030-54817-9_139
17. Компания Rifar (Рифар), Россия. URL: http://exemer.ru/article/kompaniya-rifar-rifar_rossiya.html (дата обращения 08.05.22).
18. Оборудование для литья под давлением. URL: http://pmet.biz/oborudovanie/oborudovanie_dlya_lpvd-2/ (дата обращения 08.05.22).
19. Калядин Н.И., Микаев С.Г., Фисенко С.В. Паспорт литейного плавильного комплекса. Гай: РИФАР, 2017. 42 с.
20. Пеньков А.С., Калядин Н.И., Микаев С.Г., Фисенко С.В. Руководство по эксплуатации ЛКП-О1. Гай: РИФАР, 2017. 136 с.
21. Huang L. Aluminum Injection Molding in Product Manufacturing // *RapidDirect*. 2021. URL: <https://www.rapiddirect.com/blog/aluminum-injection-molding/> (дата обращения 08.05.22).
22. 3D printed injection molds in an aluminum frame with the finished injection molded part. URL: <https://formlabs.com/blog/3d-printing-for-injection-molding/> (дата обращения 08.05.22).
23. Bradley R.K. Education in plastics manufacturing: Aluminum mold making and injection molding // *International Journal of Mechanical Engineering Education*. 2021. <http://doi.org/10.1177/03064190211051105>
24. Guide to Aluminium Casting Alloys by Aleris. Grevenbroich: Aleris Recycling, 2011. 102 p.
25. Kaufman J.G., Rooy E.L. Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications. Ohio Materials Park: ASM International, 2004. 321 p.
26. Zhang B., Maijer D.M., Cock-croft S.L. Development of a 3-D thermal model of the low-pressure die-cast (LPDC) process of A356 aluminum alloy wheels // *Materials Science and Engineering*. 2007. Vol. 464. No. 1–2. P. 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.02.018>
27. Maijer D.M., Owen W.S., Vetter R.A. An investigation of predictive control for aluminum wheel casting via a virtual process model // *Journal of Materials Processing Technology*. 2009. Vol. 209. No. 4. P. 1965–1979. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.04.057>
28. Jain S., Rajput Y.S. Minimization of defect in aluminum alloy wheel casting using 7 QC tools // *International Journal of Advanced Engineering Research and Technology*. 2015. Vol. 3. No. 8. P. 280–283.
29. Lin J., Carrera S., Kunrath A.O., Zhong D., Myers S., Mishra B., Ried P., Moore J.J. The case for aluminum pressure die-casting // *Surface and Coatings Technology*. 2006. Vol. 201. No. 6. P. 2930–2941. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.06.024>
30. Han Q.-Y. Mechanism of die soldering during aluminum die casting // *China Foundry*. 2015. Vol. 12. No. 2. P. 136–143.
11. Chichenev N.A., Shkitov V.S. Reengineering of a fan drive of the JSC URAL steel electric steelmaking workshop. *Chernye Metally*. 2020, vol. 2020, no. 2, pp. 57–61. (In Russ.).
12. Keropyan A., Gorbatyuk S. Impact of roughness of interacting surfaces of the wheel-rail pair on the coefficient of friction in their contact area. *Procedia Engineering*. 2016, vol. 150, pp. 406–410. <http://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.06.753>
13. Kirillova N.L., Radyuk A.G., Titlyanov A.E., Gorbatyuk S.M. Gas-producing shielded coating and thermal covering use to improve blast furnaces air tuyers work. *Izvestiya. Ferrous Metallurgy*. 2013, no. 3, pp. 3–7. (In Russ.). <https://doi.org/10.17073/0368-0797-2013-3-3-7>
14. Gorbatyuk S.M., Pashkov A.N., Morozova I.G., Chicheneva O.N. Technologies for applying Ni–Au coatings to heat sinks of SiC–Al metal matrix composite material. *Materials Today: Proceedings*. 2021, vol. 38, part 4, pp. 1889–1893. <http://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.581>
15. Nefedov A.V., Novikova Yu.V., Chicheneva O.N. Manipulator for feeding a box with liquid solution for repair of cast iron buckets at blast furnace shop of JSC Ural Steel. *Chernye metally*. 2021, vol. 2021, no. 8, pp. 4–9. (In Russ.).
16. Nefedov A.V., Svichkar V.V., Chicheneva O.N. Re-engineering of equipment to feed the melting furnace with aluminum charge. In: *Proceedings of the 6th Int. Conf. on Industrial Engineering (ICIE 2020)*. Radionov A.A., Gasiyarov V.R. eds. Cham: Springer, 2021, pp. 1198–1204. http://doi.org/10.1007/978-3-030-54817-9_139
17. Rifar Company, Russia. Available at URL: http://exemer.ru/article/kompaniya-rifar-rifar_rossiya.html (Accessed 08.05.22). (In Russ.).
18. Equipment for injection molding. Available at URL: https://dspace.susu.ru/xmlui/bitstream/handle/0001.74/9748/2016_544_ibatul-linaos.pdf?isAllowed=y&sequence=1 (Accessed 08.05.22). (In Russ.).
19. Kalyadin N.I., Mikaev S.G., Fisenko S.V. *Passport of the Foundry Smelting Complex*. Gai: RIFAR, 2017, 42 p. (In Russ.).
20. Pen'kov A.S., Kalyadin N.I., Mikaev S.G., Fisenko S.V. *Manual for LKP-O1*. Gai: RIFAR, 2017, 136 p. (In Russ.).
21. Huang L. *Aluminum injection molding in product manufacturing*. *RapidDirect*. 2021. Available at URL: <https://www.rapiddirect.com/blog/aluminum-injection-molding/> (Accessed 08.05.22).
22. *3D printed injection molds in an aluminum frame with the finished injection molded part*. Available at URL: <https://formlabs.com/blog/3d-printing-for-injection-molding/> (Accessed 08.05.22).
23. Bradley R.K. Education in plastics manufacturing: Aluminum mold making and injection molding. *International Journal of Mechanical Engineering Education*. 2021. <http://doi.org/10.1177/03064190211051105>
24. *Guide to Aluminium Casting Alloys by Aleris*. Grevenbroich: Aleris Recycling, 2011, 102 p.
25. Kaufman J.G., Rooy E.L. *Aluminum Alloy Castings: Properties, Processes, and Applications*. Ohio Materials Park: ASM International, 2004, 321 p.
26. Zhang B., Maijer D.M., Cock-croft S.L. Development of a 3-D thermal model of the low-pressure die-cast (LPDC) process of A356 aluminum alloy. *Materials Science and Engineering*. 2007, vol. 464, no. 1–2, pp. 295–305. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.02.018>
27. Maijer D.M., Owen W.S., Vetter R.A. An investigation of predictive control for aluminum wheel casting via a virtual process model. *Journal of Materials Processing Technology*. 2009, vol. 209, no. 4, pp. 1965–1979. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2008.04.057>
28. Jain S., Rajput Y.S. Minimization of defect in aluminum alloy wheel casting using 7 QC tools. *International Journal of Advanced Engineering Research and Technology*. 2015, vol. 3, no. 8, pp. 280–283.
29. Lin J., Carrera S., Kunrath A.O., Zhong D., Myers S., Mishra B., Ried P., Moore J.J. The case for aluminum pressure die-casting. *Surface and Coatings Technology*. 2006, vol. 201, no. 6, pp. 2930–2941. <https://doi.org/10.1016/j.surfcoat.2006.06.024>
30. Han, Q.-Y. Mechanism of die soldering during aluminum die casting. *China Foundry*. 2015, vol. 12, no. 2, pp. 136–143.

31. Djurdjevic M.B., Odanovic Z., Pavlovic-Krstic J. Melt quality control at aluminum casting plants // *Metallurgija*. 2010. Vol. 16. No. 1. P. 63–76.
32. Joyce M., Rebros M., Ramrattan S. Adapting more progressive refractory coating measurement controls // *International Journal of Metalcasting*. 2008. Vol. 2. No. 4. P. 29–39.
<https://doi.org/10.1007/BF03355434>
31. Djurdjevic M.B., Odanovic Z., Pavlovic-Krstic J. Melt quality control at aluminum casting plants. *Metallurgija*. 2010, vol. 16, no. 1, pp. 63–76.
32. Joyce M., Rebros M., Ramrattan S. Adapting more progressive refractory coating measurement controls. *International Journal of Metalcasting*. 2008, vol. 2, no. 4, pp. 29–39.
<https://doi.org/10.1007/BF03355434>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Андрей Викторович Неведов, к.пед.н., доцент, заместитель директора, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС»
E-mail: cosnovotr@rambler.ru

Andrei V. Nefedov, Cand. of Pedagogic Sci., Assist. Prof., Deputy Director, Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology "MISIS"
E-mail: cosnovotr@rambler.ru

Евгений Геннадьевич Новиков, студент, Новотроицкий филиал НИТУ «МИСиС»
E-mail: nfmisis@yandex.ru

Evgenii G. Novikov, Student, Novotroitsk Branch of the National University of Science and Technology "MISIS"
E-mail: nfmisis@yandex.ru

Ольга Николаевна Чиченева, к.т.н., доцент, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
E-mail: chich38@mail.ru

Ol'ga N. Chicheneva, Cand. Sci. (Eng.), Assist. Prof., National University of Science and Technology "MISIS"
E-mail: chich38@mail.ru

Татьяна Юрьевна Горовая, заместитель директора по учебно-методической работе, Выксунский филиал НИТУ «МИСиС»
E-mail: gorovat@mail.ru

Tat'yana Yu. Gorovaya, Deputy Director for Educational and Methodical Work, Vyksa Branch of the National University of Science and Technology "MISIS"
E-mail: gorovat@mail.ru

Александр Николаевич Фортунатов, доцент кафедры технологии и оборудования обработки металлов давлением, Выксунский филиал НИТУ «МИСиС»
E-mail: fortan1979@mail.ru

Aleksandr N. Fortunatov, Assist. Prof. of the Chair "Technology and Equipment for Metal Forming", Vyksa Branch of the National University of Science and Technology "MISIS"
E-mail: fortan1979@mail.ru

Вклад авторов

CONTRIBUTION OF THE AUTHORS

А. В. Неведов – идея работы, научное руководство.

A. V. Nefedov – formation of the main idea of the work, scientific guidance.

Е. Г. Новиков – проведение патентного поиска.

E. G. Novikov – conducting a patent search.

О. Н. Чиченева – поиск и анализ публикаций, входящих в научометрические базы.

O. N. Chicheneva – conducting search and analysis of publications included in the scientific metric bases.

Т. Ю. Горовая – формирование цели и задачи исследования, подготовка текста, корректировка выводов.

T. Yu. Gorovaya – formation of the goal and objectives of the study, preparation of the text, correction of conclusions.

А. Н. Фортунатов – анализ результатов исследований, формирование выводов, окончательное редактирование текста.

A. N. Fortunatov – analysis of the research results, formation of conclusions, final editing of the text.

Поступила в редакцию 01.02.2022

Received 01.02.2022

После доработки 20.04.2022

Revised 20.04.2022

Принята к публикации 25.04.2022

Accepted 25.04.2022