

ты в интервале 1300–2000 °С применяют комбинированные радиационно-конвективные воздухонагреватели.

Ваграночные газы, отдавшие свою теплоту на подогрев дутья в рекуператорах, имеют еще достаточно высокую температуру (400–600 °С) и могут быть использованы в качестве теплоносителя в других целях. Теплоту ваграночных газов, прошедших рекуператор, начали использовать в котлах-утилизаторах для нагрева воды, производства пара, который в некоторых случаях применяют даже для небольших тепловых электростанций, обеспечивающих электроэнергией ваграночные установки и другое оборудование литейного цеха.

Таким образом, эффективность систем очистки выбросов и дожига ваграночных газов определяется модификацией и типом используемых вагранок.

Литература

1. **Экология** литейного производства: учебное пособие для ВУЗов / Под ред. А.Н. Болдина, С.С. Жуковского. – Брянск: Изд. БГТУ, 2001. – 315 с.

2. **Черный, А.А.** Разработки применительно к газовой вагранке с огнеупорной холостой колошей / А.А. Черный. – Пенза, 2008. – 43 с.

3. **Промышленная экология** / под ред. В. В. Денисова. – М.; Ростов н/Д: Март, 2007. – 720 с.

4. **Росляков, П.В.** Методы защиты окружающей среды: учебник для вузов / П.В. Росляков. – М.: изд. дом МЭН, 2007. – 336 с.

УДК 669.041

**А.М. СКИБАРЬ (ОАО «МАЗ»),
П.С. ГУРЧЕНКО, д-р техн. наук (БНТУ)**

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА ОАО «МАЗ» НА 2013-2020 ГОДЫ

Основой белорусского машиностроения являются крупные предприятия автомобилестроения, сельскохозяйственного машиностроения, приборостроения и радиоэлектроники, на долю которых приходится свыше 60 % производства отрасли. Учитывая, что пер-

спективы развития белорусских автомобилестроительных предприятий определяются уровнем конкурентоспособности по сравнению с аналогичными зарубежными предприятиями, и в первую очередь российскими, в последние годы особую роль в производственном процессе имеет повышение уровня качества выпускаемой продукции. В современных условиях эта задача становится судьбоносной для каждого предприятия и белорусского машиностроения в целом, поэтому для ее решения необходимо проводить постоянную работу по техническому перевооружению энерго- и материалоемких технологий.

В связи с тем, что структура машиностроительного комплекса Беларуси была сформирована в эпоху бывшего СССР, в настоящее время автомобилестроительные предприятия республики имеют значительный уровень износа основных фондов.

Решение указанных проблем является актуальным и для литейного производства. Так, например, в предыдущие годы перевооружение существующих литейных мощностей ОАО «МАЗ» шло недопустимо низкими темпами, что могло привести к утрате заводом конкурентоспособности на мировом рынке.

Литейное производство выгодно отличается от других заготовительных производств (поковки, штамповки, сварки) тем, что методом литья возможно изготавливать заготовки, максимально приближенные по геометрии к самым сложным деталям машин. При современных литейных технологиях коэффициент использования металла достигает 85–97 % в цветном литье и более 70 % – в чугунолитейном производстве. Поэтому литейное производство должно занимать лидирующее положение среди заготовительных производств и его модернизации необходимо уделять особое внимание.

При выполнении модернизации необходимо учитывать, что функционирование литейно-механических мощностей всех машиностроительных предприятий носит высокзатратный характер, имеет низкоэффективное использование сырья, технологических материалов, энергоносителей, трудовых и финансовых ресурсов, что приводит к низкой производительности производства и высокой стоимости продукции. Не лишено этих недостатков и действующее литейное производство Минского автомобильного завода.

Литейное производство ОАО «МАЗ» включает в себя сталелитейные цехи: СЛЦ-1, СЛЦ-2, литейный цех ковкого чугуна (ЛЦКЧ),

серого чугуна (ЛЦСЧ) и цех заготовки шихты (ЦЗШ). На предприятии производятся основные марки сплавов: Сталь 40Л, Сталь 35Л, СЧ 20, ВЧ 45. Вес изготавливаемых отливок – от 0,1 до 300 кг.

Проведенный анализ показывает, что на сегодняшний день продолжительность эксплуатации оборудования литейных цехов ОАО «МАЗ» составляет более 20 лет, большинство оборудования морально и физически устарело и требует модернизации или полной замены на современные образцы.

Для замены устаревших технологий и физически изношенного оборудования на заводе разработан проект технико-экономического развития литейного производства, предусматривающий внедрение современных инновационных технических решений и эффективных технологий организации производства. Проектом предусмотрено создание современного сертифицированного по европейским требованиям литейно-механического производства на ОАО «МАЗ», обеспечивающего снижение производственных затрат и их энергоёмкости.

При выборе стратегии развития литейного производства ОАО «Минский автомобильный завод» для размещения производства отливок из высококачественных марок серого и высокопрочного чугунов и стали учтены следующие основные факторы:

- соответствие проектного решения цеха принципу конвейерно-поточного производства;
- наличие свободных площадей и пролетов, возможность их освобождения и установки дополнительного оборудования (увеличения имеющихся мощностей);
- соответствие состава оборудования и технологий современному уровню производства отливок моторной группы;
- высокий уровень квалификации специалистов (инженерно-технических работников и рабочих), необходимый для производства отливок высокой сложности;
- возможность прямой кооперации по поставкам с заводами потребителей;
- экологическая безопасность (удаленность производства от жилых массивов), установка оборудования с минимальными выбросами в окружающую среду.

При этом принято к сведению, что за последние годы изменились приоритеты в развитии технологических процессов литейного

производства в сторону повышения их экологической безопасности. На первый план выходят аспекты производства, которые определяются вредными выбросами в атмосферу, жестко регламентируемыми Киотским протоколом (Указ Президента Республики Беларусь от 12 августа 2005 г. № 370 «О присоединении Республики Беларусь к Киотскому протоколу к Рамочной конвенции Организации Объединенных Наций об изменении климата». Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2005 г., № 128, 1/6695).

С учетом перечисленных факторов оптимальным является развитие на ОАО «МАЗ» производства отливок из серого и высокопрочного чугуна на площадях «Блока чугунолитейных цехов», стального литья на площадях СЛЦ-2 с его дальнейшим расширением.

Приоритетными направлениями модернизации литейного производства ОАО «МАЗ» приняты также:

- увеличение плавильных мощностей за счет освоения получения жидкого металла в среднечастотных индукционных тигельных печах емкостью 8 т, позволяющих получить качественный металл (высокопрочные марки серого чугуна СЧ 25, СЧ30) при имеющихся шихтовых материалах с системой вытяжки и газоочистки, обеспечивающих возможность работы печей на металлической шихте (стружка) с замасленностью продуктами СОЖ до 6–7 % и соответствием на рабочем месте по показателям всех норм охраны окружающей среды и норм безопасности Республики Беларусь (не более 20 мг/м³ по взвешенным частицам);

- увеличение мощностей формовочного отделения за счет ввода в эксплуатацию новых современных импульсно-прессовых автоматических формовочных линий, что позволит после пуска линий и дооснащения производства начать освоение на ней выпуска отливок со снижением припусков на механическую обработку отливок и увеличением размерной точности отливок.

Основной целью модернизации литейных цехов является получение высококачественных чугунных и стальных отливок за счет замены, модернизации и автоматизации оборудования наиболее ответственных участков, технологического цикла и максимальным исключением участия человека в нем.

Общими принципами стратегии развития литейного завода должны стать:

- оптимизация мощностей с учетом возможности их максимальной-эффективной загрузки для выпуска автомобилей, автобусов, а также поставке литья по МЗК;

- обеспечение возможности технического перевооружения для выпуска высококачественных заготовок, максимального удовлетворения потребительских свойств, снижение затрат за счет внедрения новых технологий, материалов и оборудования, энергосберегающих и природоохранных технологий;

- развитие и модернизация мощностей по подготовке производства, развитие мощностей модельного цеха и цеха заготовки шихты;

- создание сквозной САПР.

Для достижения поставленной цели предусмотрены следующие направления.

I. Техническое перевооружение плавильного отделения цеха серого чугуна. Предусматривается использование в качестве плавильных агрегатов в ЛЦСЧ индукционных печей средней частоты, так как использование существующих плавильных агрегатов характеризуется рядом недостатков: высокие капитальные и эксплуатационные расходы из-за большого объема очищаемых горючих газов, большие габаритные размеры установки, низкий термический КПД вагранки, периодическая (автоматическая или ручная) очистка рекуператора от пыли; опасность воспламенения газов, сопровождаемая взрывами в трубопроводах и устройствах, расположенных до камеры дожигания; большие объемы газов, подвергающихся тонкой очистке. Применение электроплавки позволит использовать в шихте более дешевые материалы, отходы, чугунную стружку. За 2011 год по заводу образовалось 4 300 т чугунной стружки и в собственном производстве ее использовано менее половины. Процесс работы вагранок не позволит применять в шихте более 10–15 % стружки, предварительно брикетированной. При индукционной плавке возможно использование образующейся на заводе чугунной стружки в шихте, что позволит отказаться от закупки литейных и титаномедистых чугунов и вести плавку на собственных отходах и покупном стальном ломе 1А, выдерживая химический состав вводом науглероживателей и ферросплавов.

Внедрение системы взвешивания и корректировки шихты позволит в автоматическом режиме производить контроль над выплавляемым металлом с учетом применяемых шихтовых материалов и

оперативно в процессе расплава производить ввод необходимых добавок для получения качественного металла, обеспечивая соответствие сплава по химсоставу и физико-механическим свойствам (таблицы 1 и 2) в соответствии с нормативными документами.

Получение расплава для производства отливок из высокопрочного чугуна и высоких марок серого на среднечастотных индукционных печах позволит получать качественный металл с постоянным химическим составом и температурой, а также снизить вредные выбросы в атмосферу (таблица 3).

Таблица 1 – Физические свойства чугуна с пластическим графитом

Марка чугуна	Плотность, кг/м ³	Линейная усадка, %	Модуль упругости при растяжении, Е·10 ⁻² МПа	Удельная теплоемкость при температуре от 20 до 200 °С	Коэффициент линейного расширения при температуре от 20 до 200 °С	Теплопроводность при 20 °С, Вт/(м·К)
СЧ20	7,1·10 ³	1,2	» 850 » 1100	480	9,5·10 ⁻⁶	54
СЧ25	7,2·10 ³	1,2	» 850 » 1100	480	9,5·10 ⁻⁶	54
СЧ30	7,3·10 ³	1,3	» 850 » 1100	480	9,5·10 ⁻⁶	54

Таблица 2 – Физические свойства чугуна с шаровидным графитом

Марка чугуна	Марка чугуна по СТ СЭВ 4558-84	Временное сопротивление при растяжении, МПа, (кгс/мм ²)	Условный предел текучести, МПа (кгс/мм ²)
		не менее	
ВЧ 45	33145	450 (45)	310 (31)
ВЧ 50	33150	500 (50)	320 (32)

Таблица 3 – Ориентировочные показатели по возможным снижениям вредных выбросов при переходе на новые виды плавки

Снижение выбросов вредных веществ в атмосферу	По существующей технологии	По внедряемой технологии	Снижение
	Оксид углерода (СО) 817,0 т. Углеводороды 7,2 т. Пыль неорганическая (SiO > 70 %) 59,1 т. Сернистый ангидрид (SO ₂) 3,98 т. Диоксид азота (NO ₂) 23,11 т	Оксид углерода (СО) 13,1 т. Углеводороды 1,2 т. Пыль неорганическая (SiO > 70 %) 10,6 т. Сернистый ангидрид (SO ₂) 1,53 т. Диоксид азота (NO ₂) 6,86 т	Оксид углерода (СО) 803,9 т. Углеводороды 6,0 т. Пыль неорганическая (SiO > 70 %) 48,5 т. Сернистый ангидрид (SO ₂) 2,54 т. Диоксид азота (NO ₂) 16,25 т

Для осуществления индукционной плавки предусмотрена закупка индукционного оборудования у фирм-производителей средне-частотных индукционных тигельных печей: OTTO JUNKER (Германия), ABP induction Systems (Германия), «INDUCTOTERM» (США), «EGES» (Турция).

Для получения жидкой стали целесообразно использовать дуговые сталеплавильные печи с системой газоочистки. В настоящее время в республике сложилась сложная ситуация с обеспечением литейных цехов машиностроительных предприятий качественным ломом и отходами черных металлов, вследствие увеличения мощностей «БМЗ» по производству проката и трубной заготовки. Поставки на предприятия от ГО «Белвормет» лома и отходов видов 1А и 2А уменьшились, а отсутствие поставок титаномедистых чугунов повлекло за собой увеличенное использование в металлозавалке стальных и чугунных металлоотходов. Дуговые сталеплавильные печи позволят использовать в металлозавалке амортизационные лом и отходы с низким насыпным весом и качеством.

II. Модернизация формовочного отделения сталелитейного цеха и ЛДСЧ с внедрением изготовления форм на автоматических формовочных линиях со смесеприготовлением на базе вихревых смесителей и использованием порошкообразных бентонитов. С целью приготовления качественных формовочных смесей для изготовления песчано-глинистых форм на автоматических формовочных линиях необходимо предусмотреть:

- внедрение новой системы смесеприготовления, основанной на использовании необходимого современного комплекта оборудования с гибкой системой регулирования свойств формовочных смесей в зависимости от состава исходных материалов, заданных свойств смесей и состояния технологического оборудования;

- применение современной системы подготовки отработанной формовочной смеси с возможностью предварительной очистки отработанной смеси, усреднения ее свойств и охлаждения до температуры до 40°;

- применение вихревых смесителей для смешивания компонентов смеси;

- автоматизированный контроль процесса подготовки оборотной смеси и смесеприготовления;

- раздачу жидкого металла от комплекса среднечастотных индукционных тигельных печей на действующие формовочные конвейера, в дальнейшем возможность раздачи металла до полного освоения внедряемых АФЛ на функционирующее и внедряемое формовочное оборудование без остановки действующего производства;
- заливочные устройства с возможностью применения современных способов модифицирования.

Основой обеспечения необходимого уровня качества деталей и конкурентоспособности производства является применение эффективных процессов формовки, процессов изготовления стержней, процессов плавки, а также оборудования, максимально исключающего ручной труд. Производство отливок должно осуществляться на автоматических формовочных линиях (АФЛ).

Для изготовления отливок возможно применение трех видов разовых форм, получаемых современными процессами формообразования:

1. Формы из сырых песчано-глинистых смесей (ПГС) – импульсно-прессовый метод уплотнения.

В настоящее время он является наиболее перспективной технологией в области формообразования по следующим технико-экономическим показателям:

- обеспечивает оптимальную высокую плотность формы у модельной плиты и по всему объему;
- расход воздуха в 2 раза меньше чем при прессовании и в 3 раза меньше, чем при пескоудвном уплотнении;
- позволяет уплотнять до необходимой плотности высокие «болваны» форм;
- обеспечивает газопроницаемость формы в 1,2 раза выше по сравнению с уплотнением прессованием при одинаковой поверхностной твердости;
- повышает размерную и массовую точность отливок, снижает их массу до 10 % по сравнению с отливками, получаемыми встряхивающе-прессовой формовкой, обеспечивает ужесточение класса точности отливок по массе и размерной точности с 11–10 класса на 8–9 класс (ГОСТ 26645-85);
- обеспечивает малый износ моделей;

- создает хорошие условия для гладкой поверхности отливки за счет равномерного распределения зерен песка при уплотнении и накоплении его микрочастиц возле поверхности модели;

- за счет автоматизированной замены модельной оснастки со склада моделей в цикле формообразования позволяет сократить время переналадки, оперативно производить корректировку подетальной программы, снизить затраты на незавершенное производство, повысить выработку на одного работающего.

2. Формы из холоднотвердеющих смесей (ХТС, процессы No-bake) – уплотнение вибрацией и отверждение при выдержке.

3. Вакуумно-пленочные формы – уплотнение смеси (песок, не содержащий связующих компонентов) предварительной вибрацией и вакуумированием.

Внедрение технологии изготовления отливок на автоматической формовочной линии позволит уменьшить припуски, снизить существующие расходы топлива и энергии, уменьшить расходы по содержанию и эксплуатации, снизить потери от брака до более низкого уровня (4–5 %) и максимально снизить трудоемкость изготовления форм и повысить точность отливок.

Для оценки возможности реализации предлагаемых технических решений применительно к ОАО «МАЗ» и выбора фирмы – поставщика технологического комплекса оборудования для изготовления форм для чугуновых и стальных отливок предусмотрено проведение тендера с участием следующих предприятий: Heinrich Wagner Sinto Maschinenfabric GmbH, D-57334 Bad Laasphe (Германия); Kunkel Wagner, Prozesstechnologie GmbH, D-31061 Alfeld/Leine (Германия); Savelli S. p.A., I-25040 Gamignone di Passirano/BS (Италия); НПО «Донмет-импульс», 393913 г. Краматорск, Донецкая обл. (Украина).

III. Модернизация смесеприготовительных отделений литейного завода. В настоящее время в отечественном литейном производстве при многономенклатурном производстве оптимального эффекта стабилизации свойств и состава смеси можно достичь путем внедрения новой системы смесеприготовления.

Модернизация смесеприготовительного участка с установкой вихревых смесителей позволит улучшить технологические и эксплуатационные параметры и технологию изготовления стержней.

Технологические параметры. По сравнению с катковым вихревым смесителем обеспечиваются повышение качественных характеристик формовочной песчано-глинистой смеси: газопроницаемость в 1,2–1,5 раза; прочность на 10–15 %; уплотняемость на 15–20 %.

Технологические свойства смеси в каждом замесе постоянны.

В смеси, подвергающейся в процессе перемешивания многократному воздействию на нее вихревой головки, отсутствуют комья, она имеет рыхлую структуру, обладает высокой сыпучестью, что способствует лучшему заполнению опок при формовке и обеспечивает более равномерное уплотнение форм.

Современные дозирующие устройства для всех типов технологических добавок позволяют соблюдать установленную рецептуру состава освежения, осуществлять гибкое управление составом формовочной смеси, способствуя тем самым не только стабилизации технологических свойств смеси, но и гарантируя выпуск отливок высокого качества.

Эксплуатационные параметры. Вихревой смеситель, по сравнению с катковым, обладает более высокой (в 1,5–2 раза) производительностью за счет увеличения объема замеса и сокращения времени рабочего цикла. Удельное энергопотребление вихревого смесителя в 1,5–2 раза ниже, чем каткового, а время замеса составляет 1–1,5 мин с загрузкой и выгрузкой смеси. Экономия энергозатрат по сравнению с катковыми смесителями с массой замеса 1 т за 1 год составляет до 135,1 тыс. кВт/ч в год при двухсменном режиме (38 т у.т.).

Выбор оборудования необходимо проводить так, чтобы оно удовлетворяло принципам комплексной автоматизации. Компактное расположение полного цикла производства, полный автоматизированный контроль процесса смесеприготовления способствуют стабильности высокого качества изделий, снижению себестоимости отливок, снижению потерь на утилизацию формовочной смеси, обеспечению экологической безопасности производства.

Технология изготовления стержней. В последнее десятилетие лидирующие позиции в работах по модернизации стержневых отделений предприятий СНГ занимает технология Cold-box-amin. В зависимости от вида технологии изготовления стержней и масштабов производства для приготовления стержневых смесей в промышленно-

сти используются смесители периодического и непрерывного действия.

Смесители этого типа позволяют перемешивать различные типы песчано-смоляных стержневых смесей: маложивучие ХТС (технология No-bake) и смеси, используемые для машинного производства стержней горячего и холодного отверждения (соответственно, Hot- и Cold-box-amin процессы).

Изготовление стержней по ХТС и Cold-Boxes-Amin процессам позволит: повысить на 1–2 класса точность стержней и отливок ввиду отсутствия термических деформаций и коробления стержней при их формировании и хранении; улучшить чистоту поверхности отливок; сократить брак при производстве стержней.

В качестве мировых лидеров в области литейных технологий и оборудования для изготовления стержней, стержневых пакетов и стержневых форм являются: Фирма Laetpre, ОАО «БЕЛНИИЛИТ».

IV. Использование прогрессивных технологических решений и современного оборудования. Учитывая ужесточение экологических требований, необходимо применять современные системы очистки отходящих газов. Кроме того, весьма важной проблемой является утилизация твердых отходов литейного производства. Отработанные формовочные и стержневые смеси, относящиеся к 4-й категории опасности, составляют 90 % отходов. Поэтому для условий ОАО «МАЗ» с точки зрения экономической целесообразности и экологической безопасности производства требуется регенерация отработанных смесей в местах их образования.

V. Модернизация модельного цеха. В этом направлении предусмотрено внедрение высокоскоростных обрабатывающих центров с ЧПУ для обработки металлических, пластиковых и деревянных моделей и мастер-моделей, которые должны иметь возможность разворота инструмента в 3-х осях и быть интегрированы с имеющимися на предприятии системами ЧПУ.

Заключение

В соответствии с существующей необходимостью переоснащения литейного производства ОАО «МАЗ», с учетом организации нового производства для выпуска 31 тыс. автомобилей в год, необходимо разработать и осуществить индивидуальный план развития литейного производства (бизнес-план), создания конкурентоспо-

собных направлений изготовления чугунного и стального литья по всем переделам литейного производства.

Развитию литейного производства ОАО «МАЗ» должны способствовать разработанные мероприятия по повышению и стабилизации качества литья, охраны окружающей среды, внедрению нового прогрессивного оборудования, совершенствованию технологических процессов, внедрению систем автоматизированного проектирования, снижению металлоемкости деталей, увеличению производительности труда.

Развитие литейного производства ОАО «МАЗ» должно базироваться на выпуске качественных отливок из высоких марок серого чугуна с внедрением индукционной плавки, основанной на среднечастотных печах, что позволяет снизить экологическую нагрузку на воздушный бассейн и уменьшить санитарно-защитную зону. Изготовление сырых песчано-глинистых форм необходимо осуществлять на автоматических формовочных линиях при сокращении занимаемых площадей и увеличении съема тоннажа отливок с квадратного метра производственной площади цеха.

Развитие цеха высокопрочного чугуна необходимо осуществлять с наращиванием мощностей по выпуску отливок, исходя из мировой тенденции перевода автомобильных отливок со стали на высокопрочный чугун. При этом предусмотрена дополнительная установка двух среднечастотных индукционных печей емкостью 6 т и перевод изготовления форм на современную автоматизированную формовку, позволяющую максимально снизить припуски на механическую обработку отливок.

Развитие сталеплавильного производства ОАО «МАЗ» на площадях СЛЦ-2 необходимо осуществлять по нескольким направлениям:

- получение жидкой стали в дуговых сталеплавильных печах с системами газоочистки;
- изготовление опытных, разовых отливок и крупного штампового литья в сухих химически отвержденных формах с окраской внутренних полостей для предотвращения пригара;
- изготовление темповых отливок на автоматических формовочных линиях в сырых песчано-глинистых формах с ликвидацией конвейера со встряхивающими машинами;
- изготовление отливок по выплавляемым моделям с внедрением нового плавильного и формообразующего оборудования.

Для ускорения процесса подготовки производства и увеличения мощностей модельного цеха предусмотрено внедрение сквозной САПР, что позволит вести проектирование и моделирование модельной оснастки с применением ПВЭМ с дальнейшим внедрением в технологический процесс модельного цеха станков с ЧПУ. Кроме того, для сокращения временных и финансовых затрат на создание или оптимизацию технологии производства отливки требуемого качества необходимо внедрение системы компьютерного моделирования литейных процессов.

УДК: 621.74

В.Н. ФЕДУЛОВ, канд. техн. наук (БНТУ)

ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Пресс-формы литья под давлением алюминиевых сплавов выходят из строя в основном по причинам эрозионного размыва и образования разгарных и магистральных трещин [1–4]. Этот вид инструмента является весьма дорогостоящей технологической оснасткой и поэтому представляет интерес для изучения с целью повышения эксплуатационной стойкости. Изготовление инструментов связано со значительными затратами материалов (до 30 %), энергетических (до 25–30 %) и трудовых (до 45–50 %) ресурсов. Себестоимость и качество металлоизделий, полученных методами литья под давлением цветных сплавов, напрямую связаны со сроком службы матриц и пуансонов пресс-форм или стойкостью. Фактическая стойкость определяется, главным образом, состоянием стали (износостойкостью) инструмента в местах непосредственного контакта с жидким металлом (рабочие поверхности), то есть свойствами стали в наружных слоях рабочей поверхности после термической или химико-термической обработки при изготовлении.

Целью настоящего исследования является анализ причин выхода из строя пресс-форм при литье под давлением алюминиевых сплавов в процессе эксплуатации и восстановление свойств рабочей по-