

## **AP15473207 «Разработка технологии изготовления бездефектных гомогенных отливок литьем по газифицируемым моделям» - н.р. Ковалёва Татьяна Викторовна**

**Актуальность:** В нашей стране используется ряд способов литья: литье в песчано-глинистые формы, литье по выплавляемым моделям, литье под давлением. Одним из наиболее распространенных и перспективных способов является литье по газифицируемым моделям (ЛГМ). Следует стремиться к уменьшению удельного расхода отливок на производство промышленной продукции. Применение литья по газифицируемым моделям ведет к возрастанию геометрической и размерной точности отливок, металлоемкость снижается, расходы металла и себестоимость – уменьшаются. Расходы на механическую обработку при изготовлении отливок с использованием ЛГМ снижаются примерно на 25% и более в связи с исключением сложной обработки внутренних поверхностей; во многих случаях механическая обработка отливок может быть полностью устранена или сведена до минимума, поэтому зачистка отливок упрощается и выполняется быстрее. Реализация проекта позволит в дальнейшем коммерциализировать полученные результаты на производстве, например, на предприятиях ТОО «Корпорация «Казахмыс», ТОО «КМЗ им. Пархоменко» и др.

**Цель проекта:** получение плотных и однородных по составу и структуре отливок с низкой себестоимостью с перспективами дальнейшей коммерциализации.

### **Ожидаемые и достигнутые результаты:**

- новый состав пенополистироловой газифицируемой модели с низкой себестоимостью;
- технология изготовления бездефектных отливок с плотной, однородной структурой с использованием новых технологических режимов литья по газифицируемым моделям;
- получение опытной партии отливок, разработанная и согласованная с представителями производства технологическая карта процесса, акт испытания технологии в промышленных условиях;
- публикация двух статей в зарубежных журналах из первых трех квартилей по импакт-фактору в базе данных Web of Science или имеющих процентиль по CiteScore в базе данных Scopus не менее 50%, двух статей в журналах из базы КОКСОН, 1 монографии по теме проекта.

*За 2022г.* Подобраны оптимальные режимы выплавки отливок методом ЛГМ. Определено, что скорость заливки должна быть в пределах 20-30 секунд. Температура заливки в пределах 1550-1650 градусов, высота заливки составляет 50-100мм.

Проведен анализ современного состояния вопроса режимов выплавки отливок при ЛГМ в мировой практике. Выявлено, что литье по газифицируемым моделям является одним из перспективных методов получения отливок, по сравнению с более традиционными литьем в песчано-глинистые и песчано-смоляные формы, имеет ряд преимуществ, например, таких как минимальная механическая обработка готовых изделий и высокое качество поверхности отливок.

Сущность процесса ЛГМ состоит в переходе пенополистироловой модели при заливки ее расплавленным металлом в газообразное состояние и последующим отверждением отливки в опоке.

Так как в результате заливки образуются продукты газификации модели, которые при неправильном отводе газов, могут негативно сказаться на качестве отливки, необходимо пристальное внимание уделять составу модели, режиму заливки и способу вакуумирования опоки.

На качество отливки влияют такие параметры режима выплавки как способ заливки, скорость заливки и жидкотекучесть и температура расплава, а также режим вакуумирования опоки.

Проведен литературный анализ современного состояния вопроса режимов выплавки отливок литьем по газифицируемым моделям (ЛГМ) в мировой практике и обзор факторов влияния технологических режимов и состава модели на структуру и свойства отливок при литье по газифицируемым моделям.

Анализ литературных источников подтвердил, что на качество отливки существенное влияние оказывают следующие параметры процесса: значимым параметром режима заливки является температура, она оказывает влияние на конечную структуру затвердевшей отливки. Увеличение температуры заливки ведет к снижению качества отливки, так как происходит увеличение пористости и возрастает балл первичного зерна. В свою очередь, при снижении температуры заливки уменьшается жидкотекучесть расплава, что тоже является негативным фактором при заливке. Необходимо найти ту температуру расплава при заливке, которая обеспечит баланс между этими параметрами процесса.

В результате заливки формы расплавом происходит газификация (выгорание) модели. Модель должна обладать такой плотностью, которая будет позволять достаточно быстро и полностью перейти ей в газообразное состояние и не оказывать негативного влияния на скорость заливки и течение расплава. Кроме того, следует стремиться к минимальному зольному остатку модели, чтобы величина пригара была минимальной.

Еще одним фактором, который оказывает влияние на качество отливки, является противопопригарное покрытие, которое наносится на модель с целью снижения взаимодействия на границе «отливка-форма». Такое покрытие должно обладать толщиной, которая обеспечит минимальное взаимодействие между расплавом и песком, но при этом газопроницаемость данного покрытия должна обеспечивать равномерный отход газов через него, чтобы при затвердевании отливки в ней не образовывались дефекты газового характера.

Составлена матрица экспериментов для достижения исследуемых задач.

Математическое планирование и обработка результатов эксперимента проведены по методике Малышева В.П.

*За 2023г.* Подобран комплексный состав пенополистироловой модели с использованием гранул литейного и строительного полистирола. Будут определены оптимальные газопроницаемость и плотность модели для обеспечения плотной однородной структуры формирующейся отливки.

Подобран состав и выбраны режимы нанесения на пенополистироловую модель противопопригарной краски для исключения пригара с соблюдением необходимой газопроницаемости, опубликована статья в журнале из базы КОКСОН.

Подобраны технологические режимы изготовления и использования газифицируемой модели и противопопригарной краски.

Опубликована 1 статья в журнале, имеющем процентиль по CiteScore в базе данных Scopus 64.

Получен 1 патент РК на полезную модель.

*За 2024г.* Выбраны режимы заливки: температура заливки стальных образцов, высота заливки, гидростатический напор с целью оптимизации скорости и полноты выгорания пенополистироловой модели.

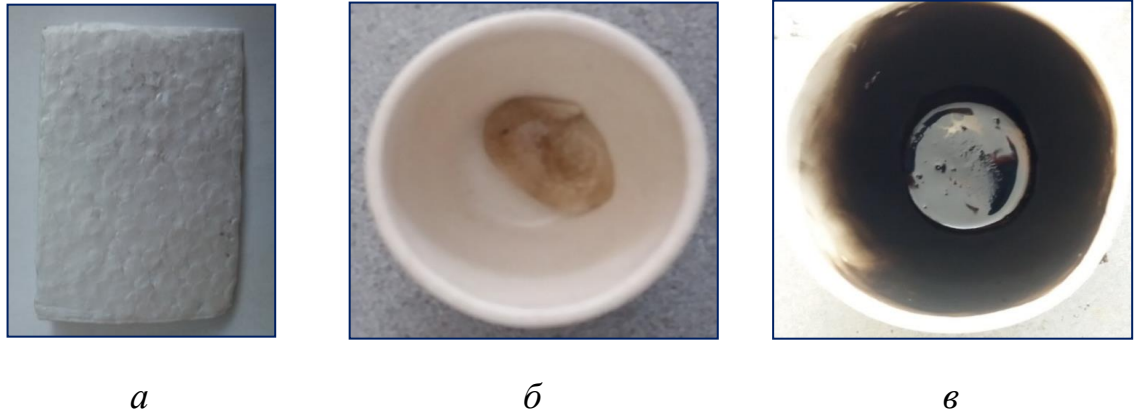
Определено, что с точки зрения формирования наиболее благоприятной структуры (гомогенной бездефектной, с минимальной глубиной науглероживания поверхности) важен комплексный подход к заливке стальных отливок. Температура заливки составляет 1640-1680 °С, скорость заливки составляет 1-2 см/с, при использовании инокуляторов из того же материала, что и заливаемый расплав, в модели их размер должен составлять порядка 120-150 мкм. При этом наблюдается полное равномерное расплавление инокуляторов и полное выгорание полистироловой модели с удалением продуктов сгорания в корковый слой отливки.

Опубликовано 2 статьи в журнале из базы КОКСОН:

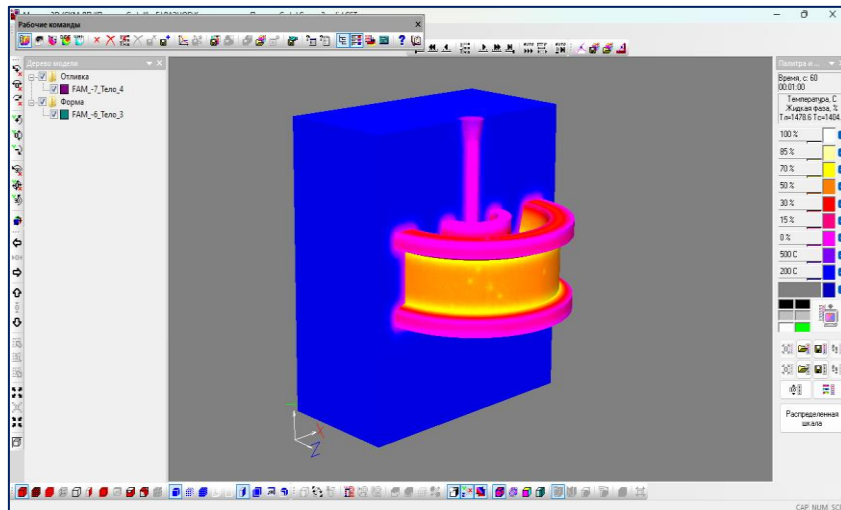
Выбраны режимы вакуумирования формы во взаимосвязи с газопроницаемостью и скорости отсасывания образующихся газов.

Определено, что наиболее оптимальным режимом вакуумирования сточки зрения удаления продуктов деструкции полистироловой модели является величина 30-40 кПа. Также в промышленных условиях доказано, что технологически важно газовые каналы располагать не только на дне опоки, но, и на ее боковых стенках. Брак отливок в такой конструкции опок снизился до 2-3%.

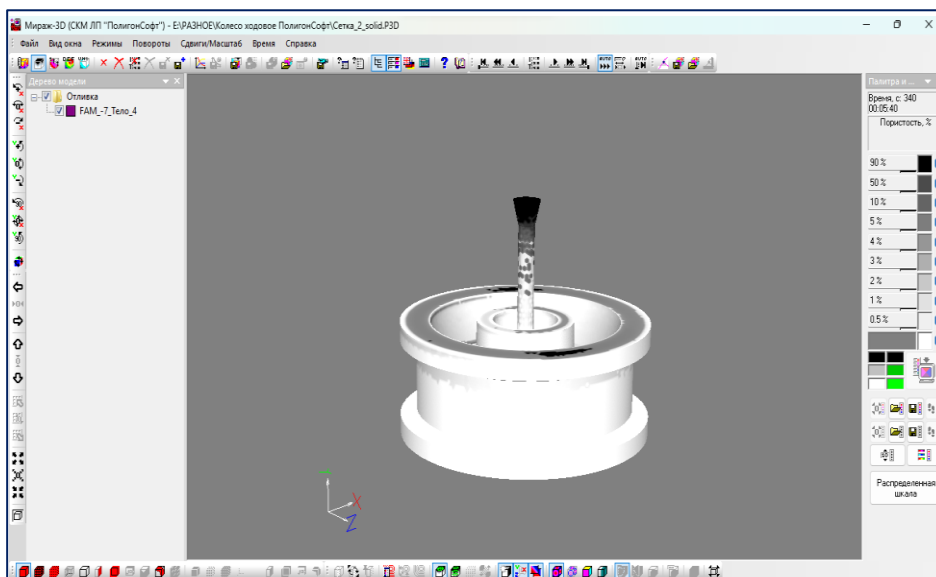
Опубликована 1 статья в журнале Q2 по импакт-фактору в базе данных Web of Science.



**Рисунок 1 – Выдержка образца в печи при различных температурах**  
а – начальный образец; б – остаток образца после выдержки в печи при температуре 200°C, в – остаток образца после выдержки в печи при температуре 850°C)



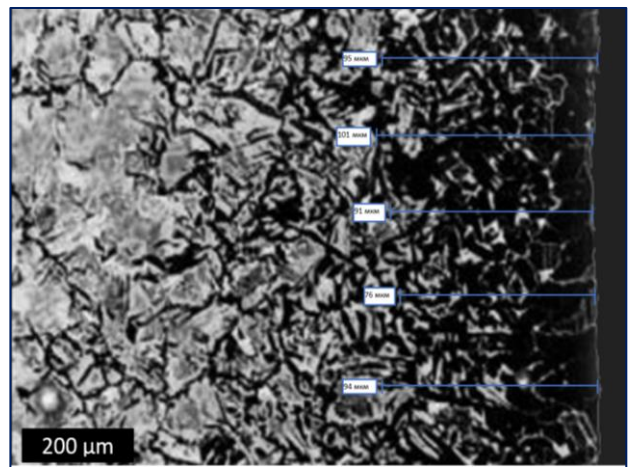
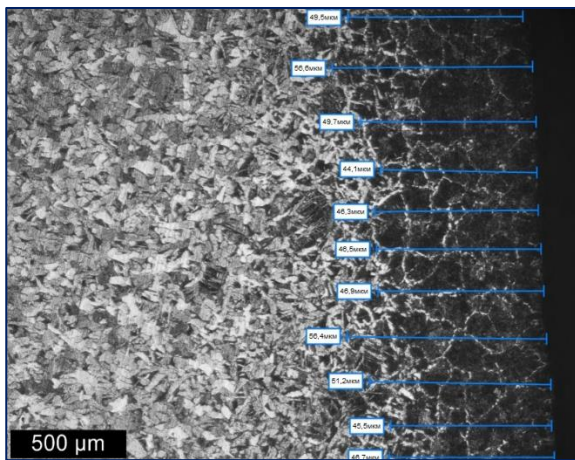
**Рисунок 2 – Моделирование процесса затвердевания отливки**



**Рисунок 3 – Распределение пористости в отливке «Колесо»**



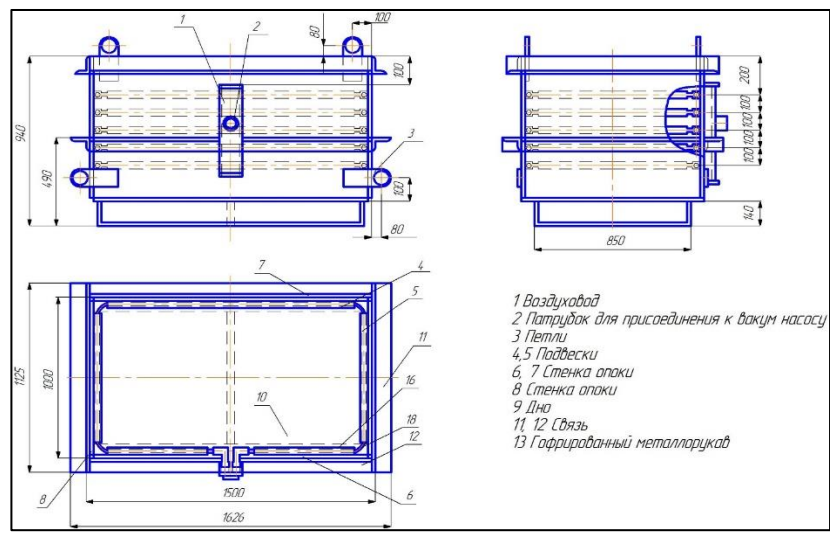
**Рисунок 4 – Гранулы суспензионного полистирола**



*а*

*б*

**Рисунок 5 – Микроструктура отливки марки Ст. 35Л и определение науглероживания глубины поверхностного слоя с использованием программы ThixometPro**  
 а – полученной литьем по газифицируемым моделям с комплексным полистиролом;  
 б – литейным полистиролом



**Рисунок 7 – Вакуумированная опока с гофрированным металлорукавом**

### ***Список публикаций:***

1. Ковалёва Т.В., Исагулов А.З. // Исследование возможности применения моделей комплексного состава в технологии литья по газифицируемым моделям // Труды университета, №2, 2023г., с. 85-88 (DOI 10.52209/1609-1825\_2023\_2\_85)
2. Tatyana Kovalyova, Yevgeniy Skvortsov, Svetlana Kvon, Michot Gerard, Aristotle Issagulov, Vitaliy Kulikov and Anna Skvortsova // Titanium Carbide and Vibration Effect on the Structure and Mechanical Properties of Medium-Carbon Alloy Steel // Coatings 2023, 13, 1135. (<https://doi.org/10.3390/coatings13071135>)
3. Патент РК на полезную модель №8240 «Способ изготовления газифицируемой модели из полистирола», бюл. №37 от 15.09.2023 г.
4. Ковалёва Т.В., Исагулов А.З. // Исследование глубины науглероживания стальных отливок, полученных литьем по газифицируемым моделям // Литейное производство, №3, 2024г., с. 20-22
5. Kovalyova T.V., Issagulov A.Z. // Studying the Depth of Carbonifying Castings Obtained by the Lost Foam Casting Method with a Complex Polystyrene Composition // Material and Mechanical Engineering Technology, №1, 2024., p. 9-14 (DOI 10.52209/2706-977X\_2024\_1\_9)
6. Kovalyova, T.; Issagulov, A.; Kovalev, P.; Kulikov, V.; Kvon, S.; Arinova, // Structural Anisotropy Parameters' Effect on the Low-Temperature Impact Strength of Alloy Steels in Rolled Products // Metals 2023, 13, 1157. (<https://doi.org/10.3390/met13071157>), Q2.

### ***Исследовательская группа:***

1. Ковалёва Татьяна Викторовна – науч. рук., магистр, преподаватель  
Индекс Хирша – 4;  
ORCID 0000-0002-1186-1805;  
Researcher ID A-2567-2017;  
Scopus ID 57211297553;  
SPIN-код: 6151-2800.
2. Исагулов Аристотель Зейнуллинович – научный консультант, д.т.н., проф., исполнительный директор НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова»  
Индекс Хирша - 8  
ORCID 0000-0003-2174-9072;  
Researcher ID C-7415-2016;  
Scopus ID 57211295299;  
SPIN-код: 3643-2646.

### ***Информация для потенциальных пользователей:***

Полученные результаты могут быть реализованы в заготовительных цехах машиностроительного производства, теоретические и практические результаты данной работы могут быть использованы в литейном производстве, а также в учебных целях.

**Область применения:** литейные цеха машиностроительных заводов.

*Дата обновления информации: 05.07.2024 г.*