



Казанский
федеральный
УНИВЕРСИТЕТ



ТЕЗИСЫ ДОКЛАДОВ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО- ТЕХНИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА V (2024)

г. Набережные Челны, 16 – 17 октября 2024 г.



ПОЛИМЕТ
помогаем литейщикам и металлургам



Центр
Цифровых
Технологий



ПРОЕКТНО-
ИНЖИНИРИНГОВАЯ
КОМПАНИЯ

SIAMSA



завод кондиционеров

mtp



Heraeus
Electro-Nite

**КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
НАБЕРЕЖНОЧЕЛНИНСКИЙ ИНСТИТУТ**

**НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ
МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА V (2024)**

**Тезисы докладов
международной научно-технической конференции**

г. Набережные Челны, 16–17 октября 2024 г.

**Набережные Челны
2024**

УДК 669.13.017-048.35(062)

ББК 34.222.32я431

НЗ4

НЗ4 Наука и технологии модифицирования чугуна: тезисы докладов Международной научно-технической конференции (Набережные Челны, 16–17 октября 2024 г.) / под ред. А.Г. Панова. Отдел информации и связей с общественностью Набережночелнинского института КФУ, 2024. – 40 с.

В сборник включены тезисы докладов, подготовленных к Международной научно-технической конференции, проводимой 16–17 октября 2024 г. в рамках международного форума «Дни чугуна в Челнах». Организаторы: Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО КФУ и ООО «Исследовательский центр Модификатор». Конференция проводится в пятый раз и объединяет ведущих отечественных и некоторых зарубежных специалистов в области материаловедения, металлургии, литейного производства и лабораторного исследования чугуна. Актуальность определена острой необходимостью обеспечения технологического суверенитета отечественного машиностроения в области разработки и изготовления чугунных изделий. Цель конференции – актуализировать направления развития и скоординировать усилия специалистов для решения проблемы отставания отечественной науки, техники и практики в рассматриваемой области. Тезисы докладов подготовлены для предварительного ознакомления участников конференции с целью повышения эффективности обсуждения докладов, разработки и принятия решений конференции.

УДК 669.13.017-048.35(062)

ББК 34.222.32я431

© Набережночелнинский институт КФУ, 2024

СОСТАВ ОРГКОМИТЕТА

Председатель оргкомитета

Котиев Г.О. – д-р техн. наук, дир. Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны

Сопредседатели оргкомитета

Гумеров И.Ф. – к.т.н., зам. ген. дир. по развитию – дир. НТЦ ПАО КАМАЗ, г. Наб. Челны;

Панов А.Г. – д-р техн. наук, гл. науч. сотр. ООО ИЦМ, проф. Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны;

Ганиев М.М. – д-р техн. наук, советник дир. Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны;

Фазуллин Д.Д. – канд. техн. наук, зам. дир. по науке Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны.

Члены оргкомитета

Панкратов Д.Л. – д-р техн. наук, дир. ПИШ Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны;

Поддубный А.Н. – д-р техн. наук, советник ген. дир. ИЦЯК, г. Москва;

Иванова В.А. – д-р техн. наук, дир. ИИИМ ЯрГТУ, г. Ярославль;

Коровин В.А. – д-р техн. наук, проф. НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород;

Панфилов Э.В. – канд. техн. наук, зам. исп. дир. ПАО «КАМАЗ» по ЛП – дир. ЦЛК, и.о. зав. каф. Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны;

Степановских В.В. – канд. техн. наук, дир. ЗАО «ИСО», г. Екатеринбург;

Гуртовой Д.А. – канд. техн. наук, ген. дир. KamLit KZ, г. Костанай, Казахстан;

Закиров Э.С. – канд. техн. наук, гл. металлург ПАО «КАМАЗ», г. Наб. Челны;

Шаехова И.Ф. – канд. техн. наук, ст. преп. Набережночелнинского института КФУ, г. Наб. Челны.

СОСТАВ НАУЧНОГО КОМИТЕТА

Болдырев Д.А. – д-р техн. наук, проф. ТГУ, г. Тольятти, Россия,

Давыдов С.В. – д-р техн. наук, проф. БГТУ, г. Брянск, Россия,

Иванова В.А. – д-р техн. наук, дир. ИИИМ ЯГТУ, г. Ярославль, Россия,

Колокольцев В.М. – д-р техн. наук, советник при ректорате, МГТУ им. Г.И. Носова, г. Магнитогорск, Россия,

Леушин И.О. – д-р техн. наук, зав. каф. НГТУ им. Р.Е. Алексеева, Россия,

Макаренко К.В. – д-р техн. наук, зав. каф. БГТУ, г. Брянск, Россия,

Панов А.Г. – д-р техн. наук, гл. науч. сотр. ИЦМ, проф. НЧИ КФУ, г. Наб. Челны, Россия,

Поддубный А.Н. – д-р техн. наук, советник ген. дир. ИЦЯК, г. Москва, Россия,

Nofal Adel – д-р техн. наук, зав. отд. SMRDI, Каир, Египет.

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧУГУНА

ЧУГУН: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ

Алексей Геннадьевич Панов

*ООО «ИЦМ», Набережные Челны, Россия, г. Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО КФУ, г.
Набережные Челны, Россия
e-mail: panov.ag@mail.ru*

По последним данным, наша планета является ошлакованной чугунной отливкой. В соответствии с этим чугун играл, играет и, по всей видимости, будет играть ведущую роль в материальной составляющей жизнедеятельности человека, что подтверждает *История Чугуна* как совокупность накопленных людьми знаний о появлении и развитии свойств и применения этого бесконечного в смысле познаваемости материала. Так, по мнению *D.V. Wagner*, один из периодов активного роста численности населения Китая до н.э. связан именно с освоением технологий изготовления изделий из чугуна (в том числе ковкого с высокими пластическими свойствами!), позволившим резко увеличить производительность сельского хозяйства и массовость продуктов питания. Сам термин *ЧУГУН* дошёл до нас из Китая через тюркские языки и с китайского (鑄工 – *zhù gōng*) его можно перевести как «литейное мастерство».

Как отмечает *D.M. Stefanescu*, «впечатляющая долговечность чугуна, восходящая, по крайней мере, к V веку до н.э., его выживание в соревнованиях материалов на основе меритократии, то есть равенства возможностей, обязана уникальности и эволюции его свойств. К настоящему времени чугун становится элитным материалом, например, автомобиль с «чугунным двигателем» ценится выше, чем с «алюминиевым двигателем».

Перспективные рынки чугунного литья включают в себя автомобили, сельскохозяйственное оборудование, горнодобывающую технику, двигатели, бытовую технику, посуду, насосное и перерабатывающее оборудование для нефти и природного газа, энергетику, металлургию, военную технику и другие. Наиболее перспективным представляется высокопрочный чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ), известные производственные проблемы воспроизводимости структуры и свойств которого в настоящее время могут быть успешно решены путём использования БСК-технологий гомогенизации расплава, управления модифицированием с помощью термического анализа затвердевания расплава и стабильных по качеству модификаторов. Остаются перспективными направления развития применения высокопрочного чугуна с шаровидным графитом, а также серого чугуна высоких марок и со специальными свойствами, обеспечиваемыми легированием никелем, кремнием, алюминием, марганцем и хромом. С приобретением статуса «элитного» материала перспективным является развитие применения термической обработки чугуна для придания ему потребительских свойств, недостижимых другими литейными материалами, в частности, циклической, ударной и износу стойкости путём изотермической закалки на бейнит.

Тем не менее, до сих пор дискуссионными остаются как само понятие «чугун», так и модели формирования структуры, самой структуры, вспомогательных и потребительских свойств, особенно сейчас, когда наблюдается «Современный Вавилон» – разрушение взаимопонимания между людьми. Для развития чугуна требуются коллективные ресурсы как кадровые, так и материальные, утраченные за последние десятилетия.

В докладе отмечается, что, несмотря на сложную ситуацию, в настоящее время формируются условия, при которых развитие отечественных литейных и, в частности, чугунолитейных компетенций и производств становится неизбежным, предлагаются направления развития чугуна в новых условиях.

Ключевые слова: чугун, история, свойства, производство, наука, стратегия развития.

ПРОИЗВОДСТВО В РОССИИ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ ИЗ ЧУГУНА

*Анатолий Никифорович Поддубный
АО «ИЦЯК», г. Москва, Россия
e-mail: anatoliypoddu@yandex.ru*

В СССР производства мелющих тел, благодаря централизованному планированию, были сконцентрированы на ряде заводов министерства чёрной металлургии, цементной промышленности и незначительными производителями других отраслей. Приоритет был отдан мелющим телам из стали, большей частью получаемым методом прокатки. После 1991 г. связи между производителями и потребителями мелющих тел были нарушены. Начался стихийный поиск технологий и способов изготовления мелющих тел на значительных не загруженных мощностях прежде всего литейного производства.

Официальная статистика сегодня практически не отражает положение с выпуском чугунных шаров в России. По оценке «Инфолайн» выпуск чугунных мелющих тел в России в 2004 г. составил не менее **70-75 тыс. т**, а в ближайшие годы ожидался рост **до 110-115 тыс. т в год** при том, что производство в России стальных помольных шаров на 2004 г. составляло в среднем порядка **300 тыс. т в год**.

Львиную долю мелющих тел, применяемых сегодня на территории стран СНГ, составляют шары, полученные методом поперечно-винтовой прокатки на станах разработки ВНИИМЕТМАШ. Также используется и клиновья прокатка. В целом, это аналогичный принцип. Созданные во ВНИИМЕТМАШ шаропрокатные станы предназначены для изготовления мелющих шаров диаметром от 20 до 125 мм способом горячей прокатки в винтовых калибрах из углеродистой, низко- и среднелегированной круглой прутковой стали. Шаропрокатные станы и технология прокатки разработаны на базе ряда изобретений.

Начиная с 70-х годов прошлого столетия в мире, в силу, прежде всего, прогрессирующего роста цен на энергоресурсы, начинает значительно возрастать потребление мелющих тел с более высокими эксплуатационными характеристиками, которые в конечном итоге приводят к значительным положительным экономическим результатам.

Мировая практика последних десятилетий характеризуется значительным ростом применения в размалывающем оборудовании деталей из чугунов с различной степенью легирования хромом, никелем, молибденом и другими элементами, позволяющими в значительной степени повысить их служебные свойства. По данным бельгийской фирмы Magotteaux переход на использование высоколегированных шаров с содержанием Cr 12% и выше, твердостью более 60 HRC, снизил удельный расход мелющих тел от 2 до 13 раз по сравнению с традиционными аналогами. Производительность агрегатов при производстве цемента возросла в среднем на 5%, общее потребление энергии снизилось более чем на 5%, вкпе с применением броневых плит из высокохромистого чугуна с оптимальной геометрией рабочей поверхности, это привело к повышению производительности мельниц на 25-30 % и увеличению срока службы размольного оборудования до 5-20 лет.

Сегодня в России производство чугунных мелющих тел, за исключением незначительного количества цилиндров (мелющих цилиндров), практически свёрнуто. Задача состоит в том, чтобы этот вопрос стал для сырьевых отраслей актуальной темой.

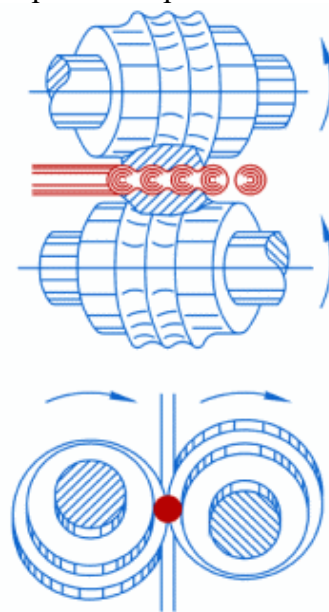


Рис. Схема прокатки шаров

Ключевые слова: износостойкий чугун, мелющие тела

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЧУГУННОГО ЛИТЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛГМ-МОДЕЛЕЙ ИЗ СОПОЛИМЕРА И ВАКУУМНОГО ИНДУКЦИОННОГО ПЕРЕПЛАВА

*Александр Вильявич Котович, Сергей Анатольевич Анищенко, Алексей Сергеевич Анищенко
ООО «Полимет», г. Тольятти, Россия.
as@stavrol.ru*

Разработана прогрессивная технология массового производства высокоточных чугунных отливок элементов погружных нефтедобывающих насосов.

В основе технологии применяется *Replicast-process* с использованием ЛГМ-моделей из сополимеров и заливкой форм в автоматической плавно-заливочной машине с вакуумно-индукционным переплавом.

Суть технологии включает в себя: получение пено-моделей из сополимеров; нанесение керамической оболочки; термо-деструкционное удаление модельного материала в процессе спекания оболочки; заливка форм металлом путем расплавления заранее изготовленного образца сплава под вакуумом с применением индукционного нагрева.

В результате капельного заполнения жидким металлом нагретой формы, в вакууме, технология позволяет получить стабильное качество отливок.

Для освещения данной технологии будет представлен комплекс серийно выпускаемого оборудования для изготовления пено-моделей с их последующей обмазкой, сушкой, спеканием с термодеструкцией и заливкой под вакуумом.

Новая технология имеет следующие существенные преимущества:

- модели из сополимера обладают высокой размерной точностью и не подвержены температурным и иным деформациям;
- в связи с применением пено-моделей (и отсутствием необходимости вытапливания модельного состава из оболочки) количество слоев обмазки уменьшено по сравнению с ЛВМ-технологией;
- применение автоматической машины индукционной плавки и заливки в вакуумируемые формы позволяет увеличить выход «годного» до 90%;
- все процессы получения отливок автоматизированы, на межоперационных передачах и в процессах получения форм применяются роботы, все это минимизирует ручной труд и присутствие человека.

Все оборудование для данной Hi-tech технологии разработано и серийно производится в России.

Ключевые слова: пено-модель, сополимер, репликаст-процесс, термо-деструкционное удаление, автоматическая плавно-заливочная машина с вакуумно-индукционным переплавом.

ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ ИЗ АУСТЕНИТНО-БЕЙНИТНОГО ЧУГУНА

Эрнст Сергеевич Закиров
ПАО «КАМАЗ», г. Набережные Челны, Россия
e-mail: zakiroves@kamaz.ru

В докладе описаны предпосылки возрождения научно-исследовательских работ ПАО «КАМАЗ» по аустенитно-бейнитному чугуно, приведена номенклатура выбранных опытных деталей и примененные марки чугуна: ADI 105-ADI-140 (1000 МПа-1400 МПа).

Представлена технология получения литой заготовки для выбранных деталей: химический состав и способы литья. Приведены режимы изотермической закалки и фотографии полученных микроструктур, механические свойства металла после термической обработки.

Показаны результаты стендовых испытаний деталей из аустенитно-бейнитного чугуна в сравнении с серийно применяемыми литыми и коваными сталями.

В завершении изложены перспективы дальнейшего развития данной тематики, а также соображения по внедрению технологии изотермической закалки в условиях массового производства ПАО «КАМАЗ».

Ключевые слова: чугун, бейнит, изотермическая закалка, циклическая долговечность, прочность

ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА

Руслан Батыржанович Абдулин, Кадыргали Коныспаевич Джаманбалин
Костанайский социально-технический университет им. Академика З. Алдамжар, г. Костанай, Казахстан
e – mail: sovetsnik@kosstu.edu.kz

Основной целью сегодня для Казахстана в целом является усиление связи науки с реальным сектором экономики, ориентированной на обеспечение производства квалифицированными кадрами.

Перед Правительством поставлена важная задача: увеличить к 2029 году долю среднего бизнеса в экономике до 15%. Правительством составлен перечень из 17 крупных проектов. Достигнуты положительные результаты в автомобилестроении. Обеспечение экономики квалифицированными кадрами – это самая насущная задача. Речь также идет о подготовке специалистов по профессиям будущего. Предстоит усилить связь лучших университетов с реальным сектором экономики. Требуется синхронизировать инновационную политику с научно-технологическими приоритетами страны. Это позволит придать импульс отраслевым инновациям, раскрыть потенциал прикладной науки в вузах.

В данной работе проведен анализ промышленного потенциала Костанайской области Казахстана, предприятия которого связаны с металлургией, в том числе и с литейным производством.

В Костанайской области находятся крупные предприятия металлургической и горнодобывающей промышленности.

- Чугунолитейный завод ТОО «KamLitKZ», расположенный в индустриальной зоне г. Костанай. Завод оснащён 30 роботами на наиболее сложных и тяжелых технологических участках, его мощность составляет 45000 тонн литья в год. Реализация проекта позволила создать 500 рабочих мест.
- Локализационный центр АО «Агромаш-Холдинг KZ» производит самоходную сельскохозяйственную технику и комплектующие для машиностроительной отрасли. Сегодня 700 человек производят 250 тысяч узлов и компонентов в год. Локализационный центр получил заказ на изготовление ряда компонентов для тракторов и комбайнов CLAAS.
- Визитной карточкой г. Костаная является крупнейшая автомобильная компания Allur – ТОО «Сарыарка АвтоПром». Это первый в Казахстане завод, который отвечает всем требованиям современного промышленного производства. Производственная мощность завода – 100 тысяч автомобилей в год. Это современное автоматизированное цифровое производство автокомпонентов с линейкой производимых автобрендов: Chevrolet, Kia, JAC, УАЗ, Lada.
- Строительство завода по производству горячебрикетированного железа (ГБЖ) на Соколо-Сарбайском горно-обогатительном предприятии (ССГПО) в г. Рудном, расположенном в 45 км. от г. Костаная. Производительная мощность 2 млн тонн ГБЖ с содержанием железа до 90%. Срок реализации проекта: 2023–2028 гг.

Ключевые слова: Чугунолитейный завод ТОО «KamLitKZ», Локализационный центр АО «Агромаш-Холдинг KZ», автомобильная компания Allur

ВЗАИМОСВЯЗЬ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЙКОСТИ ИЗЛОЖНИЦ С МОДИФИЦИРОВАНИЕМ, МИКРОЛЕГИРОВАНИЕМ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ

Валерий Александрович Коровин¹, Игорь Олегович Леушин¹, Михаил Алексеевич Гейко¹, Александр Александрович Гарченко²

¹ ФГБОУ ВО НГТУ им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород, Россия, ² АО «Русполимет» г. Кулебаки, Россия
e-mail: v.korovin2015@yandex.ru

Повышение эксплуатационной стойкости изложниц позволит сократить их количество и продлить срок эксплуатации изложниц, снизив при этом затраты на их приобретение, что приведет к увеличению объемов выпускаемой продукции и повышению рентабельности производства. Повышение срока службы изложниц является актуальной задачей и имеет важное научное и практическое значение.

В связи с этим большое внимание уделялось вопросам модифицирования и микролегирования расплавов чугуна и стали, которые позволили бы при универсальности технологического процесса получения изложниц и минимуме затрат обеспечить повышение уровня эксплуатационной стойкости и их срока службы, которое может быть выражено через коэффициент стойкости.

В общем виде функциональная зависимость стойкости материала против образования трещин может быть выражена в виде обобщенного коэффициента.

Обобщенный показатель стойкости материала изложниц, выявляющий взаимосвязь свойств материала при термоциклическом нагружении:

$$K = \frac{(G_B + \delta) \cdot \lambda}{\alpha \cdot E},$$

где G_B – предел прочности при растяжении, МПа;

δ – относительное удлинение, %;

λ – теплопроводность, Вт / (м °С)

α – коэффициент линейного расширения, 1/°С;

E – модуль упругости, МПа.

Из анализа формулы следует, что стойкость материала повышается с увеличением теплопроводности (за счет снижения величины термических напряжений в стенке изложницы), предела прочности и относительного удлинения, которые тормозят зарождение и распространение трещин, а также с уменьшением коэффициента линейного расширения и модуля упругости.

Ключевые слова: чугун, модифицирование, микролегирование, стойкость изложниц, коэффициент термического расширения

НОВЫЙ ОПЫТ ООО «ФЕНИКС» В ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧУГУНА С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ

*Рашид Мубаракзанович Галимов
ООО «ФЕНИКС», г. Тутаев, Россия
e-mail: galimov.phoenix@yandex.ru*

Отечественные конструкторы и другие специалисты, курирующие разработки новых деталей и механизмов машин, к сожалению, пока ещё до сих пор мало знают и принимают чугун с вермикулярным графитом, несмотря на уже достаточно широкую известность его уникальных свойств и широкое распространение по крайней мере в производстве деталей двигателей внутреннего сгорания во всём внешнем мире.

В докладе представлен последний опыт ООО «ФЕНИКС» в изготовлении различных изделий из чугуна с вермикулярным графитом и его внедрению по методу: «попробуйте в эксплуатации и после этого принимайте решение о целесообразности использования нового материала в изделии».

Одним из новых направлений в развитии потребительских свойств и уменьшения веса чугунных деталей ответственного назначения, освоенным производством ООО «ФЕНИКС» совместно со специалистами ООО «Исследовательский центр Модификатор» (г. Набережные Челны) и в содружестве с ФГАОУ ВО ЯГТУ (г. Ярославль), стала изотермическая закалка чугуна с вермикулярным графитом, которая позволяет в разы увеличить его предел прочности и предел текучести при сохранении таких важных специальных свойств как лезвийная обрабатываемость, высокая теплопроводность, демпфирующая способность, износостойкость, низкий коэффициент трения и др.

Другим важным направлением управления потребительскими свойствами ЧВГ в производстве ООО «ФЕНИКС», является регулирование содержания в его структуре доли шаровидного графита в зависимости от условий эксплуатации изготавливаемых из него изделий.

Номенклатура деталей из ЧВГ с различной структурой, изготавливаемых в ООО «ФЕНИКС», включает выпускные коллекторы, корпуса, валы, поршни, головки и гильзы блоков цилиндров различных двигателей, специальную запорную арматуру для работы в агрессивной среде и при высокой температуре и др.

Ключевые слова: чугун с вермикулярным графитом, доля шаровидного графита, изотермическая закалка, чугунные изделия специального назначения

ОПЫТ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ДЕТАЛИ «ШАЙБА НАКЛОННАЯ» ИЗ ИЗОТЕРМИЧЕСКИ ЗАКАЛЁННОГО ЧУГУНА

*Алексей Геннадьевич Панов, Ирина Фаридовна Шаехова, Чулпан Альбертовна Гимазетдинова, Марсель
Василович Закиев*

*Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО КФУ, г. Набережные Челны, Россия
e-mail: gimazetdinova.chulpan@mail.ru*

В современной российской промышленности вопрос замены импортного оборудования и комплектующих отечественными аналогами является одним из ключевых. Данный подход позволит обеспечивать непрерывность производства, снижение риска дефицита оборудования и компонентов в случае выхода их из строя.

Так, специалистами предприятия ООО «Завод кондиционеров Август» после выхода из строя компрессора, произведенного в Китае, было принято решение о полной его замене аналогом собственного производства. Особую сложность вызвал подбор материала для детали «шайба наклонная». Были предприняты попытки работы и со сталью, и с литым чугуном с шаровидным графитом, однако все они приводили к быстрому износу детали и засорению рабочей среды.

В связи с этим было принято решение опробовать изотермически закаленный чугун с шаровидным графитом (ЧШГ), который обладает высокой износостойкостью и достаточной пластичностью по сравнению со сталью и традиционными серыми и высокопрочными чугунами.

В данной работе проведен металлографический анализ импортной детали «Шайба наклонная» с целью изготовления ее отечественного аналога. В ходе работы были подобраны режимы изотермической закалки, определены количественные данные для моделирования и проведено моделирование процесса изотермической закалки детали. Результатом работы стало изготовление изотермически закаленной детали кондиционера «Шайба наклонная» из высокопрочного чугуна с шаровидным графитом для предприятия ООО ПКФ «Август». Деталь показала большую износостойкость, долговечность и работоспособность наряду со значительным снижением шума работы агрегата по сравнению с импортным аналогом.

Микроструктурный анализ импортного аналога проводили на оптическом световом микроскопе *NEOPHOT-32*, твердость измерялась методом Роквелла по шкале С на твердомере *Heckert*, микротвердость – методом Виккерса на микротвердомере *Durimet*. Подбор режимов изотермической закалки проводили с применением атласа закалочных структур «Микроструктура чугуна. ИЦ Модификатор», разработанного на базе программного обеспечения *SIAMS 800*, путем подбора визуально схожих с аналогом структур. Для получения количественных данных для моделирования процесса изотермической закалки применялись методы дилатометрического анализа и определения теплопроводности. Процесс изотермической обработки моделировали с применением программного обеспечения *LVMFlow CV*.

Ключевые слова: импортозамещение, высокопрочный чугун, шаровидный графит, микроструктура, моделирование.

ТЕОРИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЧУГУНА

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД

Евгений Васильевич Сидоров
ООО «Ферромаг», г. Владимир, Россия
e-mail: sidorov.ev@mail.ru

Диаграмма состояния системы железо-углерод является основой для металловедения черных металлов. Ей посвящено огромное количество исследований и научных публикаций. Подобные исследования продолжаются и в настоящее время во многих научных центрах.

В работе рассмотрены основные этапы построения диаграмм состояния, начиная от работ Д.К. Чернова и до сегодняшних дней. Приведены основные виды диаграмм состояния железо-углерод из учебной и справочной литературы, используемые в педагогической работе и производственной практике. Показаны некоторые неточности в известных диаграммах, которые затрудняют понимание протекания сложных процессов фазовых превращений в сталях и чугунах при разработке технологий плавки и заливки, термической обработки с целью формирования необходимой микроструктуры сплава и соответственно необходимых эксплуатационных свойств.

Для устранения неточностей в графическом изображении диаграммы состояния системы железо-углерод необходимо исходить из фазового равновесия, которое подразумевает одно единственное равновесное состояние при постоянных внешних условиях. Соответственно диаграмма состояния должна быть равновесной с обозначением только равновесных фазовых составляющих. В реальных условиях производства стальных и чугунных заготовок равновесие практически недостижимо и происходит образование микроструктур сплавов из неравновесных фазовых составляющих.

Эти неравновесные фазовые составляющие во многих случаях необходимы для создания требуемых эксплуатационных свойств изделий. Поэтому в производстве задают технологические режимы с целью качественно и количественно обеспечить наличие тех или иных неравновесных фазовых составляющих. При этом всегда необходимо отталкиваться от равновесного процесса и соответственно диаграмма состояния должна обязательно быть равновесной.

Ключевые слова: диаграмма железо-углерод, структурообразование.

РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ ДИАГРАММЫ Fe-C

Сергей Васильевич Давыдов
ФГБОУ ВО БГТУ, г. Брянск, Россия
e-mail: fulleren_grafen@mail.ru

Рассмотрены основные этапы эволюции диаграммы состояния сплавов системы Fe-100%С и ее нерешенные задачи. Выполнен анализ основных структурных проблем диаграммы, к которым следует отнести: отсутствие полной физико-химической идентификации ключевых карбидных фаз, таких как цементит Θ -Fe₃C, карбид Хегга χ -Fe₅C₂, карбид Экстрема-Адкокка α -Fe₇C₃, ϵ -карбид Fe₂C и монокарбид FeC; отсутствие областей фазовых превращений с их участием в структуре существующих вариантов диаграмм состояния сплавов Fe-100%С. Предложен вариант диаграммы системы Fe-100%С в концентрационном интервале 0...18,0%С на основе перитектоидного и перитектического карбидных превращений.

Показано, что карбидные фазы представляют собой единый изоморфный квазикарбидный твердый раствор, а структурно карбидная фаза кристаллизуется в виде твердого раствора карбидных фаз как поликарбидная квазиэвтектика. Открыто неизвестное ранее явление кристаллизации монокарбида FeC и его сокристаллизация с ϵ -карбидом Fe₂C при перитектоидном превращении. Предложен уточненный вариант диаграмме Fe-100%С с учетом карбидов Θ -Fe₃C, χ -Fe₅C₂, α -Fe₇C₃, монокарбида FeC и ϵ -карбида Fe₂C, который описывается в рамках фазового превращения по реакции невариантного трехфазного перитектического равновесия. Методом дифференциальной сканирующей калориметрии ДСК высокого разрешения исследовано полиморфное превращение железа, которое в совокупности состоит из трех фазовых превращений.

На основании анализа кривых ДСК безусловно получены следующие результаты: температура полиморфного превращения при нагреве составляет 914-915°C и протекает не при постоянной температуре, а в температурном интервале превращения 912-916°C; температура полиморфного превращения при охлаждении составляет 904°C и протекает не при постоянной температуре, а в температурном интервале превращения 907-901°C; величина гистерезиса полиморфного превращения при термоциклировании составляет ~11°C; полиморфное превращение железа не является обратимым при нагреве и охлаждении и протекает по различным механизмам; существующие представления об обратимом полиморфном фазовом превращении α -Fe \leftrightarrow γ -Fe при нагревании как фазовой перекристаллизации в рамках дисторсионного (деформационного) перехода несостоятельны. Экспериментально доказано, что полиморфное превращение α -Fe \rightarrow γ -Fe чистого железа в равновесных условиях при нагреве протекает бездиффузионно с последовательной сменой трех фазовых превращений различного генезиса – деструктуризации кристаллической решетки полиморфа α -Fe на «паракластерную» фазу; частичной аморфизации фазы полиморфа α -Fe; перекристаллизации (полиморфная рекристаллизация) аморфизированной «паракластерной» структуры полиморфа α -Fe в кристаллическую матрицу полиморфа γ -Fe по механизму двойникования; скачек атомных объемов фаз полиморфов α -Fe и γ -Fe в области фазового превращения объясняется не прямой сдвиговой пластической трансформацией кристаллической решетки полиморфа α -Fe в кристаллическую решетку полиморфа γ -Fe, как это принято до настоящего времени, а последовательной деструктуризацией полиморфа α -Fe в смесь «паракластерной» и аморфной фаз.

Ключевые слова: диаграмма железо-углерод, карбиды железа, структурообразование.

РАЗРАБОТКА ШКАЛЫ ТИПОВЫХ ФОРМ ЧАСТИЦ ГРАФИТА МИКРОСТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ

Татьяна Александровна Сивкова¹, Алексей Геннадьевич Панов², Надежда Георгиевна Дегтярева²

¹ ООО «СИАМС», г. Екатеринбург, Россия, ² ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия

e-mail: sivkova@siams.com

В работе рассмотрены основные проблемы оценки морфологии графита на микрошлифах чугунов, наблюдаемых в оптический микроскоп. Приведен анализ методов оценки морфологии графита, описанных в действующих стандартах, и терминологии, характеризующей микроструктуру чугуна.

С помощью анализатора изображений *SIAMS 800* оцифрована микроструктура ~ 60-ти промышленных образцов чугуна с графитом разной морфологии, а также эталонные изображения действующих отечественного и зарубежных стандартов на методы контроля микроструктуры чугуна.

Показаны: отсутствие единой системы идентификации форм частиц графита; недостаточность полуколичественного описания структуры с помощью эталонных изображений стандартов; недостаточность применения критерия округлости для определения основных типовых форм частиц графита.

Разработана шкала из девяти типовых форм частиц графита микроструктуры чугунов с характерными примерами изображений. Изображения являются оцифрованными частицами микроструктуры рабочих проб, представляют собой выборку из типичных частиц каждой формы. Каждая типовая форма обозначена номером, сопровождается текстовым описанием, описана математической моделью.

Шкала является основой для разработки алгоритма автоматизированного количественного анализа микроструктуры чугуна по графиту (с помощью систем анализа изображений), распределяющего множество частиц графита по типовым формам.

Автоматизированный количественный анализ микроструктуры чугуна по графиту, базирующийся на данной шкале, позволяет:

- идентифицировать графит в любом чугуне по единым критериям формы;
- значительно снизить неопределенность при идентификации визуально похожих частиц графита, встречающихся в разных марках чугунов;
- без предварительной информации о марке чугуна оценивать микроструктуру исследуемых изделий;
- унифицировать процедуру оценки микроструктуры чугуна по графиту и повысить объективность результатов.

Ключевые слова: чугун, оценка микроструктуры чугуна, форма частиц графита, шкала типовых форм графита, анализ изображений

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГРАФИТА В ЧУГУНЕ

Сергей Васильевич Давыдов
ФГБОУ ВО БГТУ, г. Брянск, Россия
e-mail: fullerен_grafen@mail.ru

С изучением процесса кристаллизации различных форм графита в литых чугуновых отливках сложилась парадоксальная ситуация. В исследованиях различных технологических факторов, определяющих получение чугунового литья (скорость охлаждения, степень переохлаждения, температурная выдержка, легирование, модифицирование и т.д.) основное внимание уделялось влиянию данных факторов на изменение морфологии включений графита, но лишь в малой степени на процесс зародышеобразования и на развитие процесса его кристаллизации.

Среди многообразия явлений и факторов, сопровождающих процесс кристаллизации графита в литейном чугуне, можно выделить ряд важнейших.

1. Анизотропия кристаллической решетки графита и роль дислокационной структуры графита в процессах зарождения и роста кристалла.
2. Различный уровень сил поверхностного натяжения на границе графитовых граней и расплава.
3. Форма растущих граней кристалла графита.
4. Концентрационные и температурные градиенты на границе графит – расплав.
5. Взаимодействие примесных элементов с графитом.
6. Влияние степени переохлаждения.

Рассмотрен наиболее важный аспект проблемы кристаллизации графита – термодинамическое состояние системы при кристаллизации графита. Рост кристалла графита есть проявление неравновесного термодинамического состояния в системе, определяемое анизотропией кристаллической решетки графита.

Термодинамика не запрещает одновременный рост кристалла графита в направлении плоскости базиса, и плоскости призмы, т.к. одновременно термодинамический потенциал системы $\Delta \mu = \mu_c^{sp} - \mu_c^{расп}$ формально одинаков для всех плоскостей графита. Фактически, как правило, наблюдается противоположное: одна грань растет активно и быстро, другая не растет или ее ростом можно пренебречь. Кристаллизация графита – процесс самопроизвольный, происходит в открытой термодинамической системе при $T = const$, а в самопроизвольном процессе изобарно-изотермический потенциал ΔG может только убывать. Следовательно, со стороны одной из плоскостей кристалла система неравновесная (бурный рост кристалла графита), а с другой равновесна (графитная грань не растет или ее ростом можно пренебречь).

Высокая стабильность процесса кристаллизации пластинчатого графита независимо от внешних факторов и низкая стабильность кристаллизации шаровидного графита, протекающая в узких рамках параметров процесса, говорит о том, что в случае кристаллизации пластинчатого графита убыль свободной энергии ΔG – максимальна, а в случае кристаллизации шаровидного графита – минимальна.

В работе исследовалось влияние элементов-сфероидизаторов и десфероидизаторов на поверхностное натяжение заэвтектического чугуна на границе раздела расплав – плоскость призмы и расплав – плоскость базиса на подложке из псевдомонотермического графита. Предложены различные механизмы формирования зародыша кристалла графита и его роста.

Ключевые слова: чугун, кристаллизация графита, формы графита, модель кристаллизации, термодинамика

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЧУГУНОВ МЕТОДОМ ДИЛАТОМЕТРИИ

Ирина Фаридовна Шаехова¹, Алексей Геннадьевич Панов^{1,2}, Дмитрий Андреевич Гуртовой³
¹Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО КФУ, г. Набережные Челны, Россия, ²ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия, ³KamLitKZ, г. Костанай, Казахстан
e-mail: irrra1603@yandex.ru

Чугун с вермикулярным графитом (ЧВГ, ВГ) обладает рядом уникальных свойств, промежуточных между чугуном с пластинчатым графитом (ПГ) и шаровидным графитом (ЧШГ, ШГ). Разветвлённая «каркасная» структура ВГ, аналогично ПГ, обеспечивает в ЧВГ высокие демпфирующие свойства, жёсткость, обрабатываемость резанием, малую линейную и объёмную усадку, высокую теплопроводность и другие высокие эксплуатационные и технологические свойства, а его закруглённые края, аналогично ШГ, – высокие механические свойства, которые, как было предположено, как и у ЧШГ дополнительно можно повысить с помощью изотермической закалки.

Изучение ЧВГ в целом по известным причинам значительно отстаёт от ЧШГ, а изотермически закалённых ЧВГ в России – началось буквально только в последние годы и только в Казанском федеральном университете.

На сегодняшний день проведены исследования влияния различных температур закалки и времени изотермической выдержки на структуру и основные механические свойства ЧВГ с высокой долей ВГ (не менее 80 %) трёх составов – базового для литейного производства ПАО «КАМАЗ» (нелегированный ферритный с долей перлита до 30%), перлитного (в качестве перлитизаторов использовали медь (0,84 %) и олово (0,074%)), а также перлитного, дополнительно легированного традиционным для изотермически закалённого высокопрочного ЧШГ, применяемого за рубежом в качестве конструкционного материала машиностроения, никелем (1,1%) и молибденом (0,23%).

Первые же исследования подтвердили принципиальную возможность и перспективность дальнейшего после легирования повышения механических свойств ЧВГ не менее, чем в два раза для эксплуатации в области температур до 200 °С.

С целью разработки научного фундамента технологии изотермической закалки ЧВГ инициирован и проведён ряд исследований процессов его структурообразования в твёрдом состоянии методами изучения поведения структурночувствительных свойств (плотности, теплоёмкости и других) при нагреве и охлаждении в рабочих диапазонах температур изотермической закалки. Первые результаты использованы для построения первых математических моделей изотермической закалки цилиндрических образцов ЧВГ переменного сечения диаметром от 20 до 30 мм.

Ключевые слова: высокопрочный чугун с вермикулярным графитом, изотермическая закалка, свойства, перспектива, моделирование

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ ЧУГУНОВ ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ

Надежда Георгиевна Дегтярёва, Алексей Геннадьевич Панов

ИЦМ,

e-mail: panov.ag@mail.ru

Аустенитные никелевые чугуны типа НИРЕЗИСТ обладают уникальным комплексом свойств: высокая пластичность, коррозионная стойкость, окалиностойкость, жаропрочность, хладостойкость, трещиностойкость, демпфирующая способность, жидкотекучесть.

Применение в машиностроении аустенитного чугуна вместо коррозионностойкой литейной стали X18H9L позволяет при меньшей плотности снизить массу изделий на 7-10%. При этом вследствие высоких литейных свойств чугуна выход годного повышается с 45 до 65-70%, что снижает себестоимость литья. При замене высоколегированного стального проката на отливки из аустенитного чугуна удаётся не только уменьшить металлоёмкость деталей в 1,5-3,0 раза, но и улучшить технико-экономические показатели работы машин и оборудования (это хорошие свойства чугуна при трении скольжением, его демпфирующие свойства, меньший удельный вес). А также позволяет исключить операцию прокатки (упрощение технологии).

Коррозионная стойкость деталей нефтяного оборудования из аустенитного ростоустойчивого чугуна типа НИРЕЗИСТ ЧН15Д6ХГ2 в пластовой жидкости, насыщенной сероводородом, в 10 раз выше, чем из сталей X18H10T и X12HГCМЛ и в 100 раз выше, чем из бронзы БрОЦСН 6-4-2-1. Высокой стойкостью обладает этот чугун в йодно-бромных растворах, тринатрийфосфате, пергидроле, метаноле, растворе гашёной извести.

Требуемые потребительские свойства достигаются при оптимальном химическом составе и структуре чугуна. Конечная структура чугуна определяется, прежде всего, воздействием факторов плавки и кристаллизации.

Такой чугун типа НИРЕЗИСТ с пластинчатым графитом и аустенитной металлической основой часто применяется для изготовления рабочих органов погружных насосов. Отливки имеют довольно сложную форму, тонкие лопатки проточной части и краёв дисков (2-3 мм). Микроструктура тонких и более массивных участков может сильно отличаться как по форме графита, его распределению, так и по форме величине и количеству карбидов (цементита).

В работе рассматриваются особенности микроструктуры чугуна с пластинчатым графитом типа НИРЕЗИСТ, встречающейся в промышленных отливках. Например, в поверхностном слое торца ступицы зачастую присутствуют отдельные включения шаровидного графита, участки междендритного точечного в виде колоний с очень плотным расположением отдельных включений графита и цементит в виде пластин, а иногда участков сплошной или разорванной сетки. Такая же структура может присутствовать в торцах дисков. При этом ухудшается обрабатываемость отливок и в процессе механической обработки может образоваться мартенсит деформации. Это снижает не только ростоустойчивость, но и коррозионную стойкость деталей.

Ключевые слова: аустенитный чугун, НИРЕЗИСТ, микроструктура

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЛИТЕЙНОГО КОКСА НА КАЧЕСТВО ЧУГУНА

Диана Игоревна Казюлина, Валерия Анатольевна Иванова
ФГБОУ ВО Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль

Важную роль в производстве качественных чугуновых отливок играют качественные шихтовые материалы, в частности литейных кокс. Например, литейный кокс способствует достижению необходимой температуры плавки чугуна в вагранке, что критически важно для уменьшения количества дефектов и обеспечения стабильности химического состава. Состав литейного кокса влияет на содержание углерода в чугуне, что определяет его окончательные механические и физические свойства и структуру чугуна отливки. В свою очередь, наличие примесей в коксе, таких как сера и фосфор, может повышать содержание вредных примесей в чугуне, количество которых нормировано стандартами. При этом жизненный цикл литейного кокса отличается от доменного. Если доменный кокс чаще всего после производства транспортируется только по территории металлургического комбината, литейный кокс транспортируется до потребителя в открытых вагонах, затем хранится на шихтовом дворе, а уже после применяется для плавки. Литейный кокс является важным элементом шихты, определяющим качество чугуна, и требует тщательного контроля на всех этапах его жизненного цикла.

Цель работы: изучение жизненного цикла литейного кокса и выявление его влияния на изменение качества литейного кокса.

Материалы и методы: с помощью методов функционального моделирования разработана модель производства, хранения, транспортирования и применения литейного кокса, а также определены факторы, влияющие и изменяющие его качество на этапах жизненного цикла.

Результаты: в ходе исследования были выявлены факторы, критически влияющие на качество литейного кокса в процессе жизненного цикла: механические воздействия и условия окружающей среды. Также экспериментальным путем была подтверждена степень влияния этих факторов на этапах «Хранение» и «Применение» жизненного цикла.

Таким образом, потребитель может не знать об изменении качества литейного кокса, и при расчете шихты, ориентируясь на сертификат качества, в итоге может получить чугун с отличными от прогнозируемых свойствами. Увеличение в ходе жизненного цикла массовой доли общей влаги не позволит достичь необходимой температуры плавки, измененный гранулометрический состав не обеспечит необходимую дренажную способность шихты и т.д. Поэтому, в целях повышения качества литейного кокса требуется разработать методику, ориентированную на планирование, управление и контроль качества, основанную на стадиях жизненного цикла. Данный подход обеспечит возможность учета изменений, возникающих на различных стадиях жизненного цикла. Это позволит проводить всестороннюю оценку качества литейного кокса с точки зрения потребителя и вносить необходимые коррективы в технологический процесс плавки чугуна в вагранке, что будет способствовать оптимизации производственного процесса плавки и улучшению качества чугуна.

Ключевые слова: литейный кокс, качество чугуна, функциональное моделирование

СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ РАСПЛАВОВ

АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

*Валерий Васильевич Степановских, Елена Константиновна Колтакова
ЗАО «Институт стандартных образцов», г. Екатеринбург, Россия
e-mail: v.stepanovskikh@icrm-ekb.ru*

Аналитический контроль – контроль химического состава материалов является одним из основных видов контроля качества в металлургии. Необходимость контроля химического состава обусловлена существующей корреляционной зависимостью служебных свойств металла или сплава от содержания тех или иных элементов, как составляющих основу, так и микропримесей. Для обеспечения достоверности результатов контроля лаборатории промышленных предприятий применяют стандартные образцы (СО) и аттестованные (стандартизованные) методики измерений (МИ). Требования к точности аттестации СО и МИ установлены национальным стандартом ГОСТ Р 54569-2011 «Чугун, сталь, ферросплавы, хром и марганец металлические. Нормы точности количественного химического анализа».

ЗАО «ИСО» производит СО металлургических материалов более 60 лет. Основным способом установления аттестуемых характеристик является межлабораторный эксперимент. Номенклатура СО включает более 600 типов СО.

В части СО чугунов для химического и спектрального анализа ЗАО «ИСО» разработаны образцы различных марок, в том числе нодулярного чугуна.

В части СО ферросплавов и лигатур ЗАО «ИСО» имеет широкую номенклатуру, включающую практически все их группы: ферросилиций, ферромарганец, ферросиликомарганец и марганец металлический, феррохром, ферросиликохром и хром металлический, ферромолибден, феррованадий, феррониобий, ферробор, ферросиликоцирконий, ферротитан, феррофосфор, лигатура с РЗМ и др.

В 2023 году выпущен первый СО модификатора комплексного SIBAR®4 (ИСО Ф51), ГСО 12226-23.

Применение разработанных образцов позволяет организовать метрологическое обеспечение количественного химического анализа, в том числе: аттестацию МИ, градуировку (калибровку) аналитических приборов, проведение оперативного и внутрилабораторного контроля качества получаемых результатов.

Ключевые слова: аналитический контроль, метрологическое обеспечение количественного химического анализа, стандартные образцы, чугун, ферросплавы, модификатор комплексный SIBAR®4.

РАЗРАБОТКА ШКАЛЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ШАРОВИДНОСТИ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ

Татьяна Александровна Сивкова¹, Алексей Геннадьевич Панов², Надежда Георгиевна Дегтярева²

¹ ООО «СИАМС», г. Екатеринбург, Россия, ² ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия

e-mail: sivkova@siams.com

В работе рассмотрены основные проблемы оценки степени шаровидности графита (далее СШГ) на микрошлифах чугунов, наблюдаемых в оптический микроскоп. В отсутствие метода оценки СШГ производственные лаборатории учитывают относительную долю шаровидного графита либо используют зарубежные стандарты.

В работе приведен анализ методов оценки СШГ, описанных в зарубежных стандартах. Для чугунов с вермикулярным и шаровидным графитом в диапазоне 20-50% метод оценки отсутствует, в диапазонах 0-20% и 50-100% методы оценки отличаются.

На основе шкалы типовых форм частиц графита микроструктуры чугунов и алгоритма SIAMS, распределяющего множество частиц графита по типовым формам, разработан алгоритм вычисления СШГ в чугунах любых марок в диапазоне 0-100 % с шагом 10%. Степень шаровидности графита рассчитана по формуле:

$$\text{СШГ} = \frac{\sum \text{Формы } V, VI, VII + 0,5 \times \sum \text{Форма } IV}{\sum \text{Формы } I, II, III, IV, V, VI, VII, IX}$$

На основе созданного алгоритма разработана шкала из десяти типичных изображений микроструктуры чугунов, характеризующих СШГ. Изображения являются оцифрованными фрагментами микроструктуры рабочих проб, представляют собой выборку из типичных полей для каждого диапазона СШГ.

Представленная шкала позволяет визуально определить СШГ в чугуне с разбросом $\pm 5\%$. Для более точного определения можно использовать предложенный алгоритм системы анализа изображений. Применение автоматизированного метода оценки СШГ в чугуне позволяет получать воспроизводимые и объективные результаты.

Вниманию слушателей предложен плакат с изображениями шкал. Изображения получены при увеличении 100х. Площадь оценки составляет 2мм². Размер одного пиксела 1 мкм.

Ключевые слова: чугун, оценка микроструктуры чугуна, степень шаровидности графита, шкала степени шаровидности графита, анализ изображений

КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ГИБРИДНОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ И ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ

*Надежда Кирилловна Долоскова, Денис Алексеевич Болдырев
ФГБОУ ВО ТГУ, г. Тольятти, Россия
e-mail: nadezhda.doloskova@vaz.ru*

Выполненные сотрудниками лабораторий АО «АВТОВАЗ» исследования показали возможность замены КЧ на ВЧ при использовании его в средненагруженных и термонагруженных деталях. При дальнейших исследованиях был классифицирован новый автономный тип чугуна – высокопрочный чугун с шаровидным и вермикулярным графитом (ВЧШВГ). Подробные исследования ВЧШВГ позволили вывести его марку – ВЧШВГ40-1 и сформулировать технические требования к ней (табл. 1).

Таблица 1 – Гибридный высокопрочный чугун с шаровидным и вермикулярным графитом марки ВЧШВГ40-1

Механические свойства			Микроструктура			
σ_b , МПа	δ , %	НВ	ШГ/ВГ	ПГ	Ф/П	Ц, %
≥ 400	≥ 1	170-220	Не оговаривается	Не допускается	Не оговаривается	≤ 5

Данная марка включена во внутренний локальный СТО 00232934-35.24-2023 «Марки графитизированных чугунов для отливок деталей автомобиля. Состав, структура, свойства», выпущенный в АО «АВТОВАЗ» (г. Тольятти) в 2023 г.

При исследованиях была определена возможность получения ВЧШВГ по технологии получения марок чугуна с компактным графитом (ВЧ и ЧВГ). При получении ВЧШВГ требуется меньший расход модификатора (ФСМг), что делает данный материал более экономически выгодным в производстве. Преимущество ВЧШВГ также заключается в его превосходстве по механическим свойствам некоторых марок ЧВГ, при этом уступает КЧ только по относительному удлинению: Также при исследованиях было выявлено, что фактическое соотношение шаровидного/вермикулярного графита (70...95/5...30%) в ВЧШВГ вызывает большее надрезающее, разупрочняющее влияние на его металлическую основу по сравнению с аналогичным влиянием хлопьевидной формы графита на металлическую основу в КЧ. Исследования показали, что твердость ВЧШВГ40-1 составляет 177-207 НВ, что соответствует верхнему пределу твердости КЧ марки КЧ45-6 (150-207 НВ). Это позволяет использовать ВЧШВГ40-1 для изготовления деталей, ранее производимых из ВЧ50, имеющих повышенные требования к теплофизическим и демпфирующим свойствам. Для стабильного получения ВЧШВГ необходимо строго соблюдать технологию модифицирования расплава чугуна. Соотношение шаровидного к вермикулярному графиту в ВЧШВГ может варьироваться в диапазоне от 75/25% до 90/10% в зависимости от назначения детали. Разработанный и стандартизованный в АО «АВТОВАЗ» гибридный ВЧШВГ предназначен для использования в средненагруженных деталях автомобилей, а также может быть перспективен в других промышленных отраслях взамен ВЧ и/или ЧВГ.

Ключевые слова: высокопрочный чугун с шаровидным и вермикулярным графитом, модифицирование, свойства, структура

ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА

Валерия Анатольевна Иванова¹, Алексей Геннадьевич Панов^{1,2}

*¹Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия, ²ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия
e-mail: ivanovava@ystu.ru*

Модифицирование чугуна – технология, применяемая для получения структуры, соответствующей требованиям нормативно-технической документации или потребителей. Для осуществления эффективного модифицирования применяют модификаторы – вещества, которые при добавлении в расплав изменяют его структуру в процессе кристаллизации. Результатом модифицирования является структура чугуна, соответствующая необходимой марке и/или определяющая необходимые механические или эксплуатационные свойства.

Объект стандартизации в соответствии с ФЗ №-162 «О стандартизации в Российской Федерации» – это продукция (работы, услуги) (далее – продукция), процессы, системы менеджмента, терминология, условные обозначения, исследования (испытания) и измерения (включая отбор образцов) и методы испытаний, маркировка, процедуры оценки соответствия и иные объекты. Модификаторы, как объект стандартизации, относятся к продукции, поступающей в обращение на рынок. Модификаторы отечественного производства конкурируют с модификаторами импортного производства на Российском рынке. Применение модификаторов необходимо при производстве отливок деталей ответственного назначения и имеет огромное значение для обеспечения качества и безопасности машин и оборудования различных отраслей промышленности – автомобилестроения, железнодорожного машиностроения, авиастроения и пр. При этом до настоящего времени стандартизация модификаторов, как в России, так и за рубежом отсутствует.

С целью стандартизации в области модифицирования чугунов в первую очередь необходима стандартизация следующих объектов: методы измерений, испытаний и контроля; требования к модификаторам и условиям их поставки; термины и определения; идентификация модификаторов.

Отсутствие стандартизации в области модифицирования чугуна приводит к следующему:

- стихийность развития модифицирования чугуна в рамках российского рынка;
- снижения конкурентоспособности отечественных модификаторов по сравнению с импортными модификаторами;
- отсутствие стандартных методов испытаний, измерений и контроля модификаторов, позволяющих оценивать качество отечественных и импортных модификаторов;
- отсутствие формализации и нормирования требований к качеству (потребительских свойств) модификаторов;
- отсутствие модификаторов в Общероссийских классификаторах технико-экономической и социальной информации, что приводит к отсутствию информации у органов исполнительной власти о модификаторах и их производителях.

Для решения проблем стандартизации модификаторов чугуна необходимо:

1) организация работ по стандартизации (разработка и организация утверждения национальных стандартов Российской Федерации) в рамках созданного проектного технического комитета по стандартизации ПТК 712 «Модификаторы расплавов»;

2) проведение работ по внесению в Общероссийский классификатор продукции по видам экономической деятельности (ОКПД2) ОК 03 4-2012 (КПЕС 2008) объекта «Модификаторы расплавов»;

3) вовлечение изготовителей и потребителей в процедуру разработки национальных стандартов Российской Федерации в качестве разработчиков стандартов в области модифицирования чугуна.

Ключевые слова: модификаторы расплавов, качество, стандартизация, стандарт

ПТК 712 «МОДИФИКАТОРЫ РАСПЛАВОВ»: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Валерия Анатольевна Иванова¹, Алексей Геннадьевич Панов^{1,2}

*¹Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия, ²ИЦМ, 18, Россия
e-mail: ivanovava@ystu.ru*

В настоящее время в соответствии с требованиями федерального закона № 162-ФЗ от 29.05.2015 г. «О стандартизации в Российской Федерации» технические комитеты по стандартизации (ТК) и проектные технические комитеты по стандартизации (ПТК) относятся к участникам национальной системы стандартизации Российской Федерации. Деятельность, организация создания и ликвидации ТК и ПТК регламентируется указанным федеральным законом и ГОСТ Р 1.1-2020 «Стандартизация в Российской Федерации. Технические комитеты по стандартизации и проектные технические комитеты по стандартизации. Правила создания и деятельности».

ТК и ПТК создаются Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии (Росстандартом), находящимся в ведении Минпромторга РФ и представляют собой форму сотрудничества заинтересованных юридических лиц. Именно ТК и ПТК участвуют в формировании государственной политики Российской Федерации в сфере стандартизации по закрепленной за ними области. Отличительными особенностями проектного технического комитета является форма временного сотрудничества (не более 3-х лет) заинтересованных юридических лиц и принятие решения Росстандартом либо о ликвидации ПТК либо о создании на его базе ТК, функционирование которого осуществляет до издания приказа Росстандарта о его ликвидации при невыполнении своих функций в течении длительного периода времени.

Решение о создании ПТК 712 «Модификаторы расплавов» было продиктовано необходимостью выполнения первых фундаментальных работ по стандартизации в условиях отсутствия стандартизации в области модифицирования расплавов не только в России, но и за рубежом. Все работы по стандартизации в Российской Федерации ведутся в подсистеме «Береста» Федеральной государственной информационной системы Росстандарта (ФГИС Росстандарта) в соответствии с требованиями № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации».

В 2022 году Приказом Росстандарта был создан ПТК 712 «Модификаторы расплавов», который и начал вести свою работу по стандартизации модификаторов. В настоящее время разработан проект национального стандарта ГОСТ Р «Модификаторы расплавов. Термины и определения». Как и любой национальный стандарт Российской Федерации, он является результатом консенсуса заинтересованных сторон и принимается большинством голосов при голосовании членов ПТК. При разработке проекта национального стандарта основной задачей являлось установление перечня терминов и разработка адекватных их определений, которые не привели бы к возникновению экономических барьеров, но способствовали бы взаимопониманию изготовителей, производителей и других заинтересованных сторон в области модифицирования расплавов.

Дальнейшее развитие работ по стандартизации в рамках функционирования ПТК 712 «Модификаторы расплавов» предполагает разработку и подготовку к утверждению проектов стандартизации в области классификации и маркировки модификаторов, а также стандартизации требований к поставке модификаторов.

Одной из задач стандартизации модификаторов расплавов является создание основы для разработки методов испытаний, измерений и контроля модификаторов при обращении на рынке. Одним из первых шагов к решению этой задачи является разработка норм и правил в области формирования потребительских свойств и контроля качества модификаторов.

Ключевые слова: модификаторы расплавов, качество, стандартизация, стандарт

ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НИЗКОСЕРИСТЫХ СЕРЫХ ЧУГУНОВ

Вадим Олегович Сазонов, Константин Васильевич Макаренко

Брянский государственный технический университет, 241035, бульвар 50 лет Октября 7, Брянск, Россия.

e-mail: sazonow.vadick2012@yandex.ru

Принято считать, что низкосернистые серые чугуны в меньшей степени склонны к инокулирующему эффекту после модифицирования, так как в них концентрация сульфидных включений, выступающих в качестве потенциальных подложек для образования графитовой фазы, сравнительно мала. Однако для ряда предприятий, которые выпускают одновременно изделия из серых и высокопрочных чугунов, в настоящее время экономически выгодно в качестве исходных шихтовых материалов использовать передельные чугуны, которые были подвергнуты десульфурации, а не традиционные литейные. Шихта на передельных десульфурованных чугунах и стальной обрезки (например, Ст3) обеспечивает при переплавном процессе в индукционной печи концентрацию серы $\sim 0,02$ %. Относительно низкая концентрация серы благоприятно сказывается на сфероидизирующей обработке расплава для получения высокопрочных чугунов с шаровидным графитом, обеспечивая требуемую остаточную концентрацию магния ($Mg_{ост}$, %) при меньшем расходе модификатора. Однако использование идентичной шихтовки для выплавки серого чугуна при использовании классических модификаторов на основе ферросилиция не приводит к ожидаемому диспергированию графитовой фазы.

Были проведены исследования различных комплексных модификаторов на базе ферросилиция с добавками таких элементов как Ba, Ca, Ce, Al, Sr, Zr, La на зародышеобразование графитовой фазы в серых чугунах с содержанием серы не более 0,02 %. Кроме того, опробованы различные способы и схемы совместного и поэтапного ввода модификаторов в расплав чугуна. Проведены расчеты потенциальных подложек для зародышеобразования графитовых включений с позиции принципа структурно-размерного соответствия П.Д. Данкова.

Наилучшие результаты по диспергированию графитовой фазы в серых низкосеристых чугунах получают при ковшевом модифицировании комплексным инокулятором, содержащим элементы, склонные к образованию оксидов, отвечающих принципу П.Д. Данкова. Дополнительно инокулирующий эффект повышается при принудительном переохлаждении, которое также обеспечивается элементами, входящими в состав комплексного модификатора.

Ключевые слова: чугун, сера, графит, модифицирование, зародышеобразование.

УККС – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ГРАФИТИЗИРУЮЩИЙ МОДИФИКАТОР ЧУГУНА

*Анатолий Дмитриевич Подольчук
ООО «НПФ АМЮС», г. Москва, Россия
e-mail: amus@inbox.ru*

В докладе приводятся результаты исследований, связанных с модифицированием литейных чугунов смесями из углерод-карбидкремниевых материалов (УККС), показавших свою высокую эффективность.

Показаны различия в механизмах графитизирующего модифицирования и процесса формирования включений графита в чугунах, модифицированных традиционными модификаторами и смесями из углерод-карбидкремниевых материалов (УККС).

Приведены данные, полученные в ходе сравнения влияния различных источников кремния, вводимых в расплав чугуна в процессе плавки, на количество зародышей графита и эвтектическое переохлаждение чугуна.

Приведено объяснение механизма «старения» модифицирующего эффекта. Приведено объяснение влияния свойств карбида кремния, выявленных на основе анализа фазовых равновесий элементов «системы Fe-Si-O-C» на процесс образования зародышей графита, снижения температуры эвтектического переохлаждения, а также увеличении длительности или «живучести» модифицирующего эффекта.

Процесс графитизирующего модифицирования чугуна смесями из углерод-карбидкремниевых материалов (УККС) позволяет значительно увеличить количество зародышей графита в расплаве и поддерживать его количество длительное время, значительно снизить температуру эвтектического переохлаждения чугуна и повысить механические свойства отливок.

Ключевые слова: карбид кремния, углерод-карбидкремниевые материалы, смеси из углерод-карбидкремниевых материалов (УККС), графитизирующее модифицирование чугуна, зародыши графита, «живучесть» модифицирующего эффекта, эвтектическое переохлаждение, механические свойства отливок из чугуна.

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИТОЙ СТРУКТУРОЙ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНОВ

Артём Николаевич Бестужев¹, Николай Иванович Бестужев¹, Владимир Александрович Розум²
Частное предприятие «Ферокаст», г. Минск, Беларусь, Частное предприятие «Арназан», г. Минск, Беларусь
e-mail: ferocast@mail.ru

Чугуны относятся к сплавам с высокой степенью гетерогенности структуры и их свойства определяются формой, распределением и размерами включений графита (карбидных включений для ИЧХ), строением металлической матрицы, во многом зависящим от характера первичной кристаллизации. Учитывая возможность затвердевания расплава по метастабильной диаграмме с образованием эвтектического цементита, легко можно представить, что на свойства отливок из высококачественных чугунов оказывает влияние значительное количество факторов. В этих условиях разрабатывались и продолжают разрабатываться методы управления литой структурой.

В практике литейного производства широко используются методы управления литой структурой, связанные с изменением химического состава сплава – модифицирование и микролегирование. Этим фактором было определено основное направление нашей работы.

Как правило, в литых деталях требуется получить мелкодисперсную структуру с заданным количеством структурных составляющих. Для получения мелкодисперсной структуры в реальной отливке необходимо в предкристаллизационный период в каждом микрообъеме иметь эффективные центры кристаллизации.

С учетом этого были разработаны составы модификаторов, получаемые путем их химико-термической обработки. Ниже представлены некоторые результаты промышленных испытаний этих модификаторов:

1. Графитизирующее модифицирование:

1.1. стандартного серого чугуна марки СЧ20. Величина отбела на клиновой пробе: исходная, без модифицирования – 11 мм; модифицирование 0,2% SB5 ASK Chemikals, Германия – 4 мм; разработанный модификатор 0,2% - 2 мм.

1.2. «жесткого» по химическому составу (углерод – 3,0-3,2%; кремний – 1,8-2,0%; суммарное содержание карбидообразующих и карбидостабилизирующих элементов $\geq 1,5\%$) чугуна марки СЧ30, СЧ35. Условия литья – центробежный окрашенный кокиль. Металлическая матрица без структурно свободного цементита. Образцы, вырезанные из тела отливки, показали предел прочности при растяжении – 355 МПа, при удовлетворительной твердости в пределах 255-285 НВ.

2. Модифицирование высоколегированного чугуна марки ИЧХ16НМФТ для отливок «Дробеметная лопатка» с целью повышения износостойкости. После термической обработки (закалка+отпуск) удалось повысить твердость с 60-62 до 64 HRC, количество карбидной фазы увеличилось с 27-28% до 30-31%, размер включений снизился на 2-4 мкм. В макроструктуре отливок отсутствовала зона столбчатых кристаллов, что дало значительное увеличение ударостойкости.

Степень готовности технологий – освоено производство модификаторов, они прошли достаточно широкое опробование на ряде предприятий Республики Беларусь

Ключевые слова: чугуны, кристаллизация, модифицирование, микролегирование, графитизация, ударостойкость, износостойкость

ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ

*Антон Андреевич Антипов¹, Игорь Валерьевич Бакин², Андрей Олегович Ромашко¹
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)», г. Челябинск, Россия, ООО "ЦИР НПП" г. Челябинск, Россия, ООО НПП
ТЕХНОЛОГИЯ, г. Челябинск, Россия
e-mail: aantipiev@yandex.ru*

В работе деталей машин, используемых в различных отраслях промышленности, связанных с добычей, обогащением и транспортировкой минерального и рудного сырья, например – колеса пульповых насосов, применяются износостойкие белые чугуны. Детали и узлы механизмов, не подверженные большим ударным нагрузкам и изготовленные из этих чугунов, показывают увеличение износостойкости в несколько раз по сравнению с обычными или легированными сталями. При этом сама технология производства таких деталей в текущий момент не является совершенной, что не позволяет стабилизировать качество продукции.

Целесообразно исследовать различные пути изменения этой технологии для улучшения потребительских свойств готовых изделий.

Основное влияние на износостойкость оказывает структура износостойких чугунов. Структура зависит от химического состава сплава, параметров кристаллизации и термической обработки отливки. Параметры кристаллизации для конкретных производственных условий можно считать стабильной величиной, но с помощью модифицирующей обработки расплава перед его заливкой в формы также можно воздействовать на кристаллизационные процессы.

Для совершенствования технологических процессов модифицирования высокохромистого износостойкого чугуна марки ЧХ28Н2 в условиях литейно-металлургической лаборатории ООО НПП Технология проведены опытно-промышленные работы. В ходе работ расплав высокохромистого износостойкого чугуна обрабатывался как известными материалами, информация о которых приведена в научно-технической литературе, так и инновационным модификатором, разработанным в ООО НПП Технология.

Для оценки эффективности различных модификаторов проведены исследования структур полученных образцов и серия испытаний по гидроабразивному износу этих образцов на специально созданной установке.

Установлено, что инновационный модификатор показал более стабильные результаты по сравнению с известными аналогами.

Модифицирующая обработка расплава износостойкого чугуна позволила измельчить фазовые составляющие металла и увеличить износостойкость образцов на 15% по сравнению с чугуном, не подвергавшимся такой обработке.

Ключевые слова: износостойкий чугун, модифицирующая обработка, микроструктура, гидроабразивный износ

ПРОЦЕССЫ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ОКИСЛОВ С ПОМОЩЬЮ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ В ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ И КОВШЕ ЧУГУНОЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Артем Анатольевич Уфимцев
ООО «НПФ Шлаковар», г. Челябинск, Россия
e-mail: office@shlakovar.ru

Развитие процесса производства чугуна связано с использованием для рафинировки, раскисления и легирования материалов, переведенных в порошкообразное или тонкоизмельченное состояние. Использование таких материалов (смесей окислов) дает возможность интенсифицировать дефосфорацию и десульфурацию стали при ее выплавке не только в печах с основной, но и с кислой футеровкой. Появилась возможность осуществления повышения качества чугуна за счет снижения содержания газов, неметаллических включений серы и фосфора.

Применение порошкообразных материалов создает предпосылки к созданию автоматизированного процесса выплавки чугуна. Разработка непрерывного процесса выплавки чугуна немыслима без использования порошкообразных материалов.

На основании экспериментальных исследований появилась ТЕХНОЛОГИЯ ВКФ (управляемый процесс), которая основана на подаче готовых порошкообразных материалов в разные периоды выплавки чугуна и периодическом скачивании продуктов (шлаков) полимеризации.

Реакция полимеризации – процесс, в результате которого молекулы низкомолекулярного соединения (мономера) соединяются друг с другом при помощи ковалентных связей, образуя новое вещество (полимер), молекулярная масса которого в целое число раз больше, чем у мономера. Полимеризация характерна в основном для соединений с кратными (двойными или тройными) связями.

В результате экспериментальных исследований на площадках предприятий по производству литейной продукции (чугун) выявлено следующее:

- повышение плотности сплава;
- повышение жидкотекучести расплава;
- повышение механических свойств чугуна: упругость, прочность, временное сопротивление, пластичность, ударная вязкость, износостойкость;
- снижение количества внутренних дефектов: пористость, непровары, посторонние включения;
- повышение коэффициента усвоения при вводе ферросплавов, науглероживателей, лигатур, модификаторов;
- сокращение времени расплавления шихты до однородной жидкой фазы жидкого металла;
- повышение стойкости футеровочных масс.

Ключевые слова: износостойкий чугун, модифицирующая обработка, микроструктура, гидроабразивный износ

ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЧУГУННОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Валерий Михайлович Колокольцев, Азамат Аслямович Юмабаев, Евгений Викторович Скрипкин

ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г.И. Носова», г. Магнитогорск, Россия

e-mail: yumabaev.azamat95@gmail.com

Основная цель термообработки центробежнолитых чугуновых высокохромистых прокатных валков – это улучшение эксплуатационных свойств, повышение стойкости и снижение остаточных напряжений после литья. Чтобы улучшить эти характеристики литого валка, необходимо правильно назначить режим термообработки. Неправильно назначенный режим обработки высокохромистых чугуновых валков приводит к его разрушению, что является следствием формирования напряжений в валке в процессе кристаллизации. Важно понимать, что высокохромистый валок состоит из трёх слоёв: рабочий слой изготавливается из высоколегированного чугуна ($Cr > 17\%$), промежуточный слой из среднелегированного чугуна ($Cr\ 4 - 5\%$), сердцевина – из серого чугуна. Эта технологическая особенность производства также влияет на напряжённое состояние изделия.

В процессе назначения режима термической обработки скорость нагрева и охлаждения изделия, время выдержки необходимо подбирать таким образом, чтобы образующиеся напряжения не превышали предел прочности материалов рабочего слоя и сердцевины валка.

С целью оценки напряженного состояния чугунового валка в процессе термической обработки, был разработан математический аппарат, позволяющий прогнозировать напряжения по градиентам температур в процессе нагрева и охлаждения валка. Математическое моделирование позволило получить прогноз по максимальным градиентам температур, зависящих от геометрических параметров валка и теплофизических свойств материалов, из которого он изготовлен.

Разработанная математическая модель позволила выявить область повышенных градиентов температур, где в процессе термообработки возникают сколы по бочке валка. Расчётные и промышленные данные показали большую сходимость. На основе полученных данных после математического моделирования разработаны методы по снижению величин градиентов температур в бочке валка за счёт изменения скорости нагрева и охлаждения, утепления отдельных частей изделия минеральной ватой. С помощью математического аппарата скорректирован существующий режим термической обработки, что позволило устранить сколы на бочке прокатных валков, а также минимизировать её время. Количество бракованных валков со сколами сократилось на 20 %.

Ключевые слова: белый чугун, прокатный валок, термическая обработка, математическая модель

ПРЕДСКАЗАНИЕ СТРУКТУРЫ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА

ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНА

Дмитрий Андреевич Гуртовой¹, Алексей Геннадьевич Панов²,

¹KamLitKZ, г. Костанай, Казахстан, ²ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия

e-mail: gurtovoyda@mail.ru

Производственный технологический процесс (ТП) изготовления чугуновых литых заготовок, как известно, характеризуется явлением так называемой технологической наследственности, то есть накоплением погрешностей технологических операций, которое может приводить к существенным колебаниям их структуры и механических свойств. По этой причине для прогнозирования структуры и свойств чугуновых отливок в ТП вводят технологический контроль, который традиционно включает входной контроль химических составов шихтовых и вспомогательных материалов, а также расплава по ходу плавки, по которым строят прогнозы о графите и цементите в микроструктуре чугуна будущих отливок, а и иногда – пробу на «отбел», по которой прогнозируют склонность чугуна к «отбелу». До недавнего времени такой подход был достаточен, однако в связи с возрастающими требованиями по снижению разброса характеристик структуры и механических свойств чугуновых отливок он становится всё более неточным, приводит к снижению эффективности производства и увеличению себестоимости и сроков изготовления продукции.

Вместе с тем, известен, быстро развивается и уже несколько десятилетий достаточно широко в мире применяется в области чугунолитейного производства метод дифференциального термического анализа (ДТА) исследования процесса структурообразования при затвердевании расплава, по характерным особенностям которого можно более быстро и более точно прогнозировать макро и микроструктуру, а также некоторые механические свойства чугуна.

В докладе рассматриваются основные достижения метода ДТА в теории прогнозирования степени эвтектичности и углеродного эквивалента, содержания углерода и кремния, степени графитизации, степени сфероидизации, типа графита (А, В, Е, D) серого чугуна, склонности к усадке, степени окисленности расплава, а также механических свойств.

Ключевые слова: чугун, расплав, термический анализ, прогноз структуры и свойств

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНА

Алексей Геннадьевич Панов¹, Дмитрий Андреевич Гуртовой²,

¹ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия, ²KamLitKZ, г. Костанай, Казахстан

e-mail: panov.ag@mail.ru

Теория и попытки применения *методов* термического (ТА) и дифференциального термического (ДТА) анализа затвердевания чугуновых расплавов в отечественном чугунолитейном производстве известны по крайней мере более 40 лет. Вместе с тем, *методики* решения с помощью этих методов конкретных весьма разнообразных возможных задач ещё разработаны недостаточно, и известные отечественные производители оборудования для ТА предлагают его преимущественно только для оценки углеродного эквивалента.

В то же время за рубежом разработаны аппаратные комплексы и методики контроля и прогнозирования широкой гаммы характеристик расплава, которые по публикациям в научной и коммерческой сфере достаточно широко применяются в чугунолитейном производстве за рубежом и периодически предлагаются отечественным производителям чугуновых отливок, однако, как правило, в демо-режиме, который не позволяет в полной мере оценить и понять рассматриваемый метод.

В настоящей работе представлен практический опыт, полученный в течение года экспериментальных работ с использованием аппаратного комплекса Quik-Lab, любезно предоставленного компанией ООО «ХЭН» (г. Челябинск), позволяющего производить измерение температуры во времени с частотой порядка 10 измерений в секунду, архивировать данные измерений, производить математическую обработку результатов измерений с расчётом ряда характеристик качества расплава и оценку качества расплава с прогнозом структуры и механических свойств отливок. Всего произведено порядка 10 серий экспериментов с заливкой в различные по геометрическим размерам типы стаканчиков общей сложностью более сотни образцов чугунов нелегированных немодифицированных печных, модифицированных различными модификаторами на пластинчатый, шаровидный и вермикулярный графит, а также легированных чугунов типа НИРЕЗИСТ, предварительной информации по ТА затвердевания расплавов которых найти не удалось.

В работе были выявлены как некоторые особенные и необычные поведения термических кривых, ранее не встреченных в средствах информации, так и особенности техники проведения эксперимента, оказывающие влияние на результаты анализа.

Ключевые слова: чугун, расплав, прогноз структуры и свойств, практика термического анализа, погрешность измерения

О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРАФИТИЗИРОВАННОГО ЧУГУНА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Артём Михайлович Шишкин¹, Алексей Геннадьевич Панов¹, Надежда Георгиевна Дегтярёва¹, Матвей Андреевич Пестов², Лидия Николаевна Подрезова²

¹Набережночелнинский институт ФГАОУ ВО КФУ, г. Набережные Челны, Россия, ²Ярославский государственный технический университет, г. Ярославль, Россия
e-mail: zaretm@mail.ru

Актуальность изучения метода термического анализа основана на возможности решить одну из наиболее важных проблем современного чугунолитейного производства, связанную с формообразованием графита. Наряду с другими методами неоспоримым преимуществом термического анализа является скорость его проведения и возможность контролировать формообразование графита в режиме реального времени, что, в случае успешно проведенных исследований, позволит значительно снизить дефектность по отбелу и несоответствию требованиям микроструктуры.

В данной работе рассмотрена методика термического анализа, применяемая компанией *SinterCast*, а также проведен ряд собственных исследований, целью которых являлось изучение возможности разработки отечественного продукта. Исследования проводились при поддержке АО «Центр Цифровых Технологий» г. Казань и ООО «Феникс» г. Тутаев.

В результате опытных плавок, проведенных на данных предприятиях, получены образцы чугунов с соответствующими кривыми охлаждения, которые записывались при помощи измерительного оборудования компании *Heraeus Electro-Nite*. Для выявления ключевых факторов, влияющих на процессы фазовых переходов расплава, проведено исследование микроструктуры образцов и сравнение их с результатами термического анализа. Предложена к разработке специальная таблица - «шахматка», которая носит название «схема влияния графитизирующего и сфероидизирующего модифицирования на микроструктуру чугуна», в основу которой заложена методика контроля формы и распределения графита согласно ГОСТ 3443-87.

Результатом работы является демонстрация влияния ключевых факторов кривой охлаждения на формообразование графита в чугунных отливках и их распределение в ячейках «шахматки». Дальнейшие исследования в области термического анализа позволят расширить количество заполненных ячеек и уточнить имеющиеся закономерности.

Ключевые слова: термический анализ, методика, чугун, графитизация, сфероидизация, микроструктура

ОПЫТ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ЧУГУНА ТИПА НИРЕЗИСТ

*Андрей Александрович Кузнецов, Алексей Геннадьевич Панов
ООО «ИЦМ», г. Набережные Челны, Россия
e-mail: bskltt@yandex.ru*

Чугун типа НИРЕЗИСТ является высоко легированным никелем и медью сплавом с повышенным относительно обычного содержанием марганца и хрома, вводимыми в его состав для обеспечения аустенитной основы при температурах эксплуатации, в том числе в северных условиях. Так называемые «твёрдые» НИРЕЗИСТы могут дополнительно содержать такие карбидообразующие элементы, как вольфрам и молибден, иногда попадающие случайным образом и в состав обычных НИРЕЗИСТов вместе с ломом, используемыми при приготовлении расплава. Такой сложный состав чугуна благодаря явлению структурной наследственности приводит к разнообразию структурного состояния печного расплава, что может приводить к дефектам макро и микро структуры отливок.

В работе представлены результаты исследования термических кривых затвердевания расплавов чугунов типа НИРЕЗИСТ.

Исследования проводили с помощью прибора Quik-Lab (предоставлен ООО «ХЭН», г. Челябинск) с заливкой проб в стаканчики QC 4010 (без Те), QC 4011 (с Те) и QC 4000Cov (с уменьшенным объемом и крышкой).

Исследовали структурообразование чугуна типа НИРЕЗИСТ различных химических составов и в различных состояниях – немодифицированных печных, а также модифицированных на пластинчатый графит различными графитизирующими модификаторами.

Исследования показали весьма разнообразное протекание затвердевания расплавов как печных, так и ковшевых, а также на одной из плавов было выявлено необычное поведение кривых выше температуры ликвидус, по всей видимости связанное с большой газозагазованностью исследуемого расплава.

Ключевые слова: аустенитный чугун, НИРЕЗИСТ, расплав, модифицирование, затвердевание, термический анализ,

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ЧУГУНА В LVM

Валентин Валентинович Кропотин

АО НПО «МКМ»

e-mail: kropotin.val@gmail.com

В настоящее время проводится много исследований для предсказания поведения кристаллизации чугуна. Прогноз по термической кривой дает хорошие результаты, однако снятие кривой охлаждения производится в основном в условиях эксперимента на простых телах. Чтобы распространить этот метод для прогноза свойств чугуна в промышленных отливках предлагается воспользоваться компьютерным моделированием, где получение термической кривой возможно в любом месте отливки. Перед моделированием необходимо добиться совпадения натурной и модельной термическими кривыми. В натуральных экспериментах для изменения свойств чугуна без изменения состава применяют различные инокуляторы. В программном комплексе LVM эта цель достигается изменением параметров уравнений, влияющих на скорости зарождения и роста твердых фаз. Так как модель феноменологическая, то вычислены могут быть только средние значения фаз. Параметры структуры чугуна можно оценить только критериально. Например, проведя соответствие между термическими кривыми и результатами металлографических исследований.

Ключевые слова: чугун, моделирование затвердевания

МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОРИСТОСТИ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК

ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, ДИАГНОСТИКА И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ В ЧУГУННЫХ ОТЛИВКАХ

Adel Nofal

*Central Metallurgical Research and Development Institute, Kaup, Egunem
e-mail: adelnofal@hotmail.com*

В работе представлен опыт CMRDI (Каир) исследования причин возникновения, диагностики и способов устранения пористости в чугуновых отливках.

Рассматривается влияние температуры, химического состава, состояние ковшей, термодинамика формирования химически активных шлаков и шлаковых раковин.

Представлена информация по видам и формированию водородной и азотной пористости с гладкой поверхностью пор, усадочной пористостью со рваными стенками пор и раковин, методы экспресс-контроля чугунового расплава для оценки его склонности к образованию пор.

Ключевые слова: чугун, отливка, дефект, пористость, методы экспресс-контроля, методы предотвращения дефектов

ОГЛАВЛЕНИЕ

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЧУГУНА	5
ЧУГУН: ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ	5
Алексей Геннадьевич Панов	5
ПРОИЗВОДСТВО В РОССИИ МЕЛЮЩИХ ТЕЛ ИЗ ЧУГУНА	6
Анатолий Никифорович Поддубный	6
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ НОВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ТОЧНОГО ЧУГУННОГО ЛИТЬЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛГМ-МОДЕЛЕЙ ИЗ СОПОЛИМЕРА И ВАКУУМНОГО ИНДУКЦИОННОГО ПЕРЕПЛАВА	7
Александр Вильявич Котович, Сергей Анатольевич Анищенко, Алексей Сергеевич Анищенко.....	7
ОПЫТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЯ КАМАЗ ИЗ АУСТЕНИТНО-БЕЙНИТНОГО ЧУГУНА.....	8
Эрнст Сергеевич Закиров	8
ЛИТЕЙНОЕ ПРОИЗВОДСТВО КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ КАЗАХСТАНА.....	9
Абдулин Руслан Батыржанович, Джаманбаалин Кадыргали Коныспаевич	9
ВЗАИМОСВЯЗЬ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЙКОСТИ ИЗЛОЖНИЦ С МОДИФИЦИРОВАНИЕМ, МИКРОЛЕГИРОВАНИЕМ И КОЭФФИЦИЕНТОМ ТЕРМИЧЕСКОГО РАСШИРЕНИЯ	10
Валерий Александрович Коровин, Игорь Олегович Леушин, Михаил Алексеевич Гейко, Александр Александрович Гарченко.....	10
НОВЫЙ ОПЫТ ООО «ФЕНИКС» В ИЗГОТОВЛЕНИИ ИЗДЕЛИЙ ИЗ ЧУГУНА С ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ.....	11
Рашид Мубаракзанович Галимов	11
ОПЫТ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ДЕТАЛИ «ШАЙБА НАКЛОННАЯ» ИЗ ИЗОТЕРМИЧЕСКИ ЗАКАЛЁННОГО ЧУГУНА	12
Алексей Геннадьевич Панов, Ирина Фаридовна Шаехова, Чулпан Альбертовна Гимазетдинова, Марсель Васильевич Закиев	12
ТЕОРИЯ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ЧУГУНА	13
АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ДИАГРАММ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗО-УГЛЕРОД	13
Евгений Васильевич Сидоров	13
РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ ДИАГРАММЫ FE-C.....	14
Сергей Васильевич Давыдов	14
РАЗРАБОТКА ШКАЛЫ ТИПОВЫХ ФОРМ ЧАСТИЦ ГРАФИТА МИКРОСТРУКТУРЫ ЧУГУНОВ	15
Татьяна Александровна Сивкова, Алексей Геннадьевич Панов, Надежда Георгиевна Дегтярева....	15
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГРАФИТА В ЧУГУНЕ	16
Сергей Васильевич Давыдов	16
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ ЧУГУНОВ МЕТОДОМ ДИЛАТОМЕТРИИ	17
Ирина Фаридовна Шаехова, Алексей Геннадьевич Панов, Дмитрий Андреевич Гуртовой	17

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ АУСТЕНИТНЫХ НИКЕЛЕВЫХ ЧУГУНОВ ДЛЯ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ.....	18
Надежда Георгиевна Дегтярёва, Алексей Геннадьевич Панов.....	18
СТАНДАРТИЗАЦИЯ В ОБЛАСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ РАСПЛАВОВ	20
АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ	20
Валерий Васильевич Степановских, Елена Константиновна Колпакова	20
РАЗРАБОТКА ШКАЛЫ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ШАРОВИДНОСТИ ГРАФИТА В ЧУГУНАХ	21
Татьяна Александровна Сивкова, Алексей Геннадьевич Панов, Надежда Георгиевна Дегтярева.....	21
КЛЮЧЕВЫЕ ОСОБЕННОСТИ, ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ ГИБРИДНОГО ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА С ШАРОВИДНЫМ И ВЕРМИКУЛЯРНЫМ ГРАФИТОМ.....	22
Надежда Кирилловна Долоскова, Денис Алексеевич Болдырев	22
ОСОБЕННОСТИ СТАНДАРТИЗАЦИИ В ОБЛАСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА	23
Валерия Анатольевна Иванова, Алексей Геннадьевич Панов	23
ПТК 712 «МОДИФИКАТОРЫ РАСПЛАВОВ»: ОСОБЕННОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	24
Валерия Анатольевна Иванова, Алексей Геннадьевич Панов.....	24
ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА МОДИФИЦИРОВАНИЕ ЧУГУНА	25
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НИЗКОСЕРИСТЫХ СЕРЫХ ЧУГУНОВ	25
Вадим Олегович Сазонов, Константин Васильевич Макаренко	25
УККС – ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ ГРАФИТИЗИРУЮЩИЙ МОДИФИКАТОР ЧУГУНА.....	26
Анатолий Дмитриевич Подольчук	26
МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ЛИТОЙ СТРУКТУРОЙ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНОВ	27
Артём Николаевич Бестужев, Николай Иванович Бестужев, Владимир Александрович Розум	27
ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА ВЫСОКОХРОМИСТЫХ ИЗНОСОСТОЙКИХ ЧУГУНОВ	28
Антон Андреевич Антипьев, Игорь Валерьевич Бакин, Андрей Олегович Ромашко.....	28
ПРОЦЕССЫ ПОЛИМЕРИЗАЦИИ ОКИСЛОВ С ПОМОЩЬЮ СИНТЕТИЧЕСКИХ СМЕСЕЙ В ПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ И КОВШЕ ЧУГУНОЛИТЕЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	29
Артём Анатольевич Уфимцев	29
ОЦЕНКА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ ЧУГУННОГО ПРОКАТНОГО ВАЛКА В ПРОЦЕССЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ	30
Валерий Михайлович Колокольцев, Азамат Аслямович Юмабаев, Евгений Викторович Скрипкин	30
ПРЕДСКАЗАНИЕ СТРУКТУРЫ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК С ПОМОЩЬЮ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И МОДЕЛИРОВАНИЯ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА	31
ВОЗМОЖНОСТИ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА ДЛЯ ПРЕДСКАЗАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНА	31
Дмитрий Андреевич Гуртовой, Алексей Геннадьевич Панов,	31

ПРАКТИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ РАСПЛАВА для ПРЕДСКАЗАНИЯ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ЧУГУНА	32
Алексей Геннадьевич Панов, Дмитрий Андреевич Гуртовой,	32
О ВОЗМОЖНОСТИ РАЗРАБОТКИ МЕТОДИКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ГРАФИТИЗИРОВАННОГО ЧУГУНА МЕТОДОМ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА	33
Артём Михайлович Шишкин , Алексей Геннадьевич Панов, Надежда Георгиевна Дегтярёва, Матвей Андреевич Пестов, Лидия Николаевна Подрезова	33
ОПЫТ ТЕРМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ЧУГУНА ТИПА НИРЕЗИСТ	34
Андрей Александрович Кузнецов, Алексей Геннадьевич Панов	34
МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ЧУГУНА В LVM	35
Валентин Валентинович Кропотин	35
МЕТОДЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ПОРИСТОСТИ ЧУГУННЫХ ОТЛИВОК.....	36
ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ, ДИАГНОСТИКА И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ ПОРИСТОСТИ В ЧУГУННЫХ ОТЛИВКАХ	36
Adel Nofal	36

О нас

KamLitKZ – это новый казахстанский производитель автомобильных компонентов для коммерческой техники.

KamLitKZ - автоматизированное производство двух современных заводов «Завод главных передач» и «Завод чугунного литья» по изготовлению чугунных отливок для двигателей внутреннего сгорания и компонентов ведущих мостов (балки и главные передачи).

KamLitKZ – это

Уровень качества



Стабильные поставки

Надежный партнер для вашего бизнеса

Почему выбирают KamLitKZ

Автоматизация производства

современное оборудование и цифровые технологии обеспечивают высочайшее качество и точность производства продукции.

Локальное производство

KamLitKZ – казахстанский производитель, что позволяет оптимизировать логистику и сократить сроки поставок на внутренний рынок.


Инновации и технологии

мы внедряем передовые решения, которые соответствуют мировым стандартам и обеспечивают производительность, необходимую для удовлетворения самых высоких требований наших клиентов.

Надежность и обслуживание

Чугунные отливки и компоненты KamLitKZ обладают высокой прочностью и долговечностью, что обеспечивает использование вашей техники.

Постройте будущее вместе с KamLitKZ – лидером в производстве комплектующих для коммерческой техники!

 +7 776 111 70 00
+7 771 028 28 18

 kamlit.kz

 www.kamlit.kz

ООО «Полимет» является производителем и дистрибьютером материалов и оборудования для литейного производства и металлургии с 1991 года.

Инженерно-технические решения в области литья и металлургии от аудита до запуска.

Собственное производство технологических смазок, противопригарных покрытий, связующих систем, разделительных составов марок Ставрол, Ставролан, Ставроформ, Ставрокат.

Основные направления компании:

- **Материалы для литейного производства и металлургии**
- **Инжиниринговые консультации по технологиям, материалам, оборудованию**
- **Проектирование производственных участков литейных производств, в том числе с подбором необходимого оборудования**
- **Собственное производство технологических смазок, противопригарных покрытий, связующих систем, разделительных составов под марками Ставрол, Ставролан, Ставроформ, Ставрокат**
- **Собственное производство лабораторного оборудования, а также вибростолов для ЛГМ**
- **Материалы для механообрабатывающих производств**
- **Антипригарные покрытия для сварки**

ПОЛИМЕТ

помогаем литейщикам и металлургам

www.stavrol.ru
polimet@stavrol.ru
(8482) 42-94-57



**ООО «Ульяновский Завод
точного литья»**

**432072, Россия, Ульяновская область,
г. Ульяновск, пр-т. Антонова, д. 1, кор. 31
ИНН/КПП 7328088785/732801001
ОГРН 1167325058350
Тел: +7 8422 54 45 12
Эл. почта: info@ulztl.ru**

ООО «Ульяновский завод точного литья» является литейным предприятием, относящимся к субъектам МСП, производящим фасонные литые заготовки из чугуна и стали различных марок.

Производственная мощность предприятия – до 2 500 тонн литых заготовок в год.

Основные методы литья:

- Литьё в песчаные формы (ХТС)
- Литье по газифицированным моделям (ЛГМ)
- Центробежное литье на горизонтальных и вертикальных машинах.

Основные марки материалов литых заготовок:

- Основная специализация производства – высокопрочные чугуны с шаровидным графитом.
- Также чугун СЧ20; СЧ15 и стали 35Л; 20Л.

Основные виды производимой продукции:

- Производство комплектующих тормозных систем коммерческого транспорта.
- Производство защитной арматуры питающей сети погружных насосов для нефтедобычи.
- Производство корпусов колесных редукторов, коробок отбора мощности, раздаток.
- Производство комплектующих подвижного состава рельсового транспорта.
- и т.п.

npp@npp.ru
+7 (351) 210 37 37
www.npp.ru



МОДИФИЦИРОВАНИЕ РАСПЛАВОВ ЧУГУНА И СТАЛИ

СЛОЖНОЕ ПРОСТО

С 1996 года НПП Технология — одно из ведущих российских предприятий по производству модификаторов, порошковой проволоки и разработке технологии модифицирования расплавов чугуна и стали.

- | Графитизирующие модификаторы
- | Сфероидизирующие модификаторы
- | Модификаторы для чугуна с вермикулярным графитом
- | Модификаторы для износостойких чугунов
- | Модификаторы для стали
- | Лигатуры
- | Литые вставки
- | Комплексный раскислитель шлака
- | Рафинирующие материалы
- | Порошковая проволока



МОДИФИКАТОРЫ КОМПЛЕКСНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЗМ

МТП более 20 лет производит модификаторы **БСК-2**, **L-CAST®** и раскислительную смесь **БАРС** на основе собственного минерального сырья с целью повышения качества и снижения себестоимости литья.



Улучшение микроструктуры

Экономичный и технологически простой способ измельчения и гомогенизации расплавов и структуры литой заготовки.



Повышение жидкотекучести сплава

Перспективный способ повышения жидкотекучести, который позволяет рафинировать расплав и влиять на его поверхностное натяжение



Рафинирование и дегазация

Разработаны технологии применения модификаторов в комплексе позволяющих качественно раскислять и рафинировать металл. Влияние на качество и форму НВ неметаллических включений. Удаление растворенных в расплаве газов. Снижение дефектов по газовой пористости.



Износостойкость

Способ повышения стойкости деталей дробильного оборудования на 10-20% при минимальных затратах, за счет рафинирования, раскисления и гомогенизации расплавов, измельчение зерна, снижение содержания карбидов и очистке межзернового пространства.



Хладостойкость

Применение модификаторов позволяет повысить хладостойкость деталей 10-15% при минимальных затратах.

Контакты: 664009, Россия, г. Иркутск, ул. Советская 109, офис 216
Тел./факс: 8 (3952) 53-50-40 Тел.: 8 (3952) 54-61-20
E-mail: mtpinfo@mail.ru
Web: www.mtpg.ru



АО "Центр цифровых технологий"

420034, РТ, г.Казань, а/я 210

ИНН/КПП 1661042795 /166101001

ОГРН 1141690092367

Тел: +7 (843)204-75-05

Эл. почта: info@kcdt.ru

Центр Цифровых Технологий – это современная производственная площадка с новейшим технологическим оборудованием и программным обеспечением в области инжиниринга/реверсивного инжиниринга и промышленного литья. В основу производства положен законченный технологический цикл изготовления литейной продукции – отливок из широкой номенклатуры сплавов. Основная задача – изготовление функциональных прототипов изделий, т.е. опытных или единичных образцов продукции с соответствующими техническими и эксплуатационными характеристиками.

Для предприятий-заказчиков - это возможность сократить затраты на производство образцов и их испытания; снижение технологических и экономических рисков; сопровождение проекта с разработки и анализа до воплощения его в жизнь.

Оборудование:

- ATOS III Triple Scan обеспечивает высокое качество и хорошую плотность данных и оснащена двумя 8 мегапиксельными камерами. Система быстро перенастраивается для оцифровки как крупногабаритных, так и мелкогабаритных объектов, точность оцифровки которых может достигать 2 микрон (0,002 мм);

- Промышленные 3D принтеры ExOne S-MAX и Zias VprintMaxi, предназначен для высокоскоростной печати песчаных литейных форм. В качестве материала используется кварцевый песок и фурановая смола. Основные характеристики: максимальные габариты печати - 1800x1000x700 мм, толщина слоя - 0,28 мм, время печати полного бункера - 22 часа, твердость получаемой формы - 9,5 ед, усилие на разрыв формы - 1,3 Мпа.

-Промышленные 3D принтеры Zias VprintMini, предназначен для высокоскоростной печати выжигаемых моделей из полиметилметакрилата для изготовления на их основе керамических литейных форм. Основные характеристики: максимальные габариты печати - 700x420x700 мм, толщина слоя - 0,1 мм.

- Литейное производство:

Печи плавильные ИСТО,4; печи термические с выкатным подом; дробеметная установка; лаборатория формовочных материалов, металлографическая лаборатория; обрубной участок и др.



ПРОЕКТНО-
ИНЖИНИРИНГОВАЯ
КОМПАНИЯ

**ООО "Проектно-
инжиниринговая компания"**
**420061 г. Казань ул. Николая
Ершова д.29, помещение 1120,1106**
ИНН/КПП 7729711005/166001001
ОГРН 1127746401750
Тел: +7 (843)204-75-05
Эл. почта: info@pecrus.com

ООО «Проектно-инжиниринговая компания» – это производственная площадка с современными технологиями и оборудованием в области литейного производства.

Продукция компании - сложные единичные изделия (отливки из черных и цветных сплавов), изделия малых и средних серий, изделий для опытно-экспериментальных работ при проведении НИОКР, ОКР.

ООО «Проектно-инжиниринговая компания» обеспечивает полный цикл производства - от разработки продукции до ее изготовления.

Проектно-конструкторские работы выполняются с применением современного программного обеспечения: SIEMENS, PLM NX 10; НПО МКМ.

Персонал предприятия – квалифицированные специалисты, имеющие опыт работы в области решения различных инженерных задач, проектирования деталей и отливок, литейной технологии и литейной оснастки.

Плавка ведется в индукционных печах ИСТ0,16, ИСТ0,4.

Основные марки сплавов:

- из алюминия: АК5М, АК7ч, АК7пч, АК8М3ч, АК9ч, АК12, АМ4,5Кд, АМг6, ВАЛ14 и другие по ГОСТ 1583-93;

- чугуны СЧ, ВЧ, ЧВГ, ЧХ, ЧН15Д7 и другие по ГОСТ 7293-85, легированные чугуны по спецификации заказчика;

- стали 20Л – 45Л, 30ГСЛ, 35ХМЛ, 20ХМЛ, 20Х13Л, 12Х18Н10Т и других по ГОСТ 977-88.

Формы изготавливаются по технологии ХТС. Освоены формы, изготавливаемые на 3D принтере SMAX методом селективного отверждения песчаной смеси.

Лаборатория осуществляет все необходимые виды контроля (твердость, механические свойства, микроструктура, ЛЮМ).

Основные характеристики отливок:

- минимальная масса отливки - 0,1 кг.;

- максимальная масса отливки - 100 кг. (алюминий), 400 кг. (сталь), 600 кг. (чугун);

- минимальная толщина стенки отливки - 3 мм.

Геометрическая точность размеров отливок соответствует ЛТ5 - ЛТ7 СТО 1.41154-86 или 8-12 класс точности по ГОСТ 53464-2009 (26645-85).

Сертификаты и лицензии:

- Сертификат ГОСТ Р ИСО 9001-2015 и ГОСТ РВ 0015-002-2012;

- Лицензия Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (на осуществление разработки, производства, испытания и ремонта авиационной техники)

- Лицензия Министерства промышленности и торговли Российской Федерации (на осуществление разработки, производства, испытания, установки, монтажа, технического обслуживания, ремонта утилизации и реализации вооружения и военной техники)

Введение

Термический анализ — это хорошо зарекомендовавший себя метод, широко используемый в зарубежном чугунолитейном производстве для быстрого, точного и надежного контроля. Он позволяет определить углеродный эквивалент, степень эвтектичности, содержание углерода и кремния в большинстве марок чугуна.

Дополнительные приложения термического анализа - определение эвтектического переохлаждения, склонности к образованию карбидов, степени сфероидизации, распределения графита, типа графита, соотношения перлит/феррит и склонности к усадке.

Программное обеспечение выдает индексы качества расплава, основанные на термическом анализе, а именно индекс графитизации и индекс сфероидизации.

Индекс графитизации оценивает качество графитизирующего модифицирования; индекс сфероидизации оценивает качество сфероидизирующего модифицирования.

Количественная и качественная оценка расплавленного металла

Метастабильное затвердевание



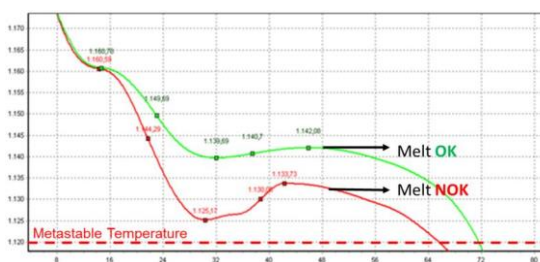
Количественная оценка расплава описывает количество элементов → сколько C (%) или Si (%) растворено в расплаве. Образец расплава всегда принудительно приводится в одно и то же состояние (метастабильное) при постоянных условиях).

Стабильное затвердевание

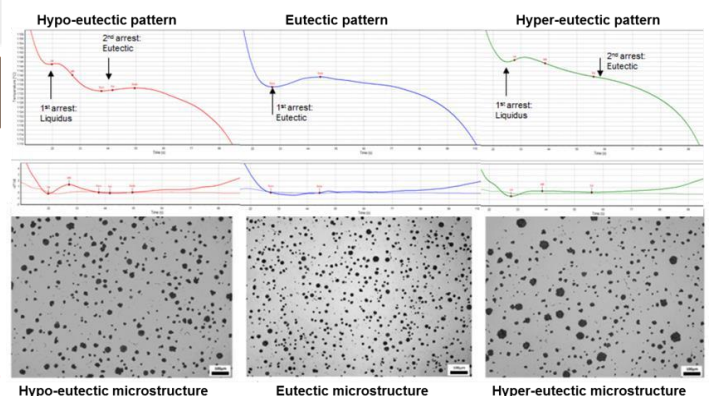


Качественная оценка расплава → характер затвердевания, ОК/НОК и оценку класса графита. Образец расплава намеренно подвергается воздействию добавленных веществ (инокулянтов или серы) для демонстрации эффектов.

Термические кривые с индексами качества расплава



Схемы затвердевания расплава



Контакты

E-Mail: Igor.Konyshov@heraeus.com

Адрес: г. Челябинск, ул. 2-я Павелецкая, 36, корпус 12, офис 1. Тел. 8 (351) 725-76-75

Великая поэзия нашего века – это наука с удивительным расцветом своих открытий, своим завоеванием материи, окрыляющая человека, чтоб удесятерить его деятельность.

(Э. Золя)

Наука есть ясное познание истины, просвещение разума, непорочное увеселение жизни, похвала юности, старости подпора, строительница градов, полков, крепость успеха в несчастьи, в счастии украшение, везде верный и безотлучный спутник.

(М.В. Ломоносов)

Науки и искусства – слава народа, они увеличивают его счастье.

(К.А. Гельвеций)

Наука имеет чрезвычайно осязательную, так сказать, хлебную важность.

(К.Э. Циолковский)

Нужно изучать, чтобы знать, знать, чтобы понимать, понимать, чтобы судить.

(Е.П. Блаватская)

Границ научному познанию и предсказанию предвидеть невозможно.

(Д.И. Менделеев)

Культура, или почитание Света, зиждется на краеугольных камнях красоты и знания.

(Н.К. Рерих)

Истинное устремление к красоте приведет нас к пониманию высшей красоты законов, управляющих Вселенной, выраженных в Совершенном Разуме и Совершенном Сердце.

(Е.И. Рерих)

Каждый, кто серьезно занимается наукой, убеждается в том, что в законах природы присутствует некий дух, и этот дух выше человека. По этой причине занятия наукой приводят человека к религии.

(А. Эйнштейн)



Знак триединности оказался раскинутым по всему миру. Теперь объясняют его разное – одни говорят, что это прошлое, настоящее и будущее, объединенные кольцом вечности. Для других ближе пояснение, что это религия, знание и искусство в кольце культуры.

(Знамя Мира, 1995)

Научное издание

НАУКА И ТЕХНОЛОГИИ МОДИФИЦИРОВАНИЯ ЧУГУНА

**Тезисы докладов
международной научно-технической конференции**

Набережные Челны, 16–17 октября 2024 г.

Редактор
Г.Ф. Таипова

Компьютерная верстка
К.Н. Петров

Подписано к использованию 30.09.2024

Гарнитура «Times New Roman»

Усл. печ. л. 2,4. Уч.-изд. л.2,2.

Заказ № 1841

Отдел информации и связей с общественностью

Набережночелнинского института

Казанского (Приволжского) федерального университета

423810, г. Набережные Челны, Новый город, проспект Мира, 68/19

Тел./факс (8552) 39-65-99 e-mail: ic-nchi-kpfu@mail.ru