

1. Важнейшие разработки, реализованные или реализуемые в практике в 2021 г.

1.1 Изучение структуры и свойств высокопрочных среднелегированных сталей при изменении легирования и режимов термической обработки.

Выполнен анализ изменений твердости деталей из высокопрочных среднеуглеродистых среднелегированных сталей, в зависимости от их химического состава стали и скорости охлаждения в интервале 0,1 ... 30 °C/с. В качестве исходных данных использованы результаты проведенных dilatометрических, металлографических и дюрOMETрических исследований высокопрочных среднелегированных сталей систем легирования Cr-Ni-Mo, Cr-Mn-Mo, Cr-Mn-Si-Ni-Mo, Cr-Mo-V.

Результаты использованы для совершенствования материалов буровой и авиационной техники.

1.2 Анализ изменения свойств сплавов при высокоэнергетическом термомеханическом воздействии

Для покрытий из метастабильной аустенитной стали 60X7TiO, полученных лазерным, дуговым и гибридным методами наплавки показаны причины различий в износостойкости на основе анализа изменения структуры и фазового состава после нагружения.

Результаты использованы для разработки технологии упрочнения коленчатых валов в компании "IRS LaserTech", г. Березовский, Свердловская обл.

1.3 Разработка методики оценки стойкости материалов при высокотемпературном нагружении

Разработана модель деформации пуансона при горячей штамповке, по которой износ пуансона вызван удалением поверхностного слоя металла из-за снижения его механической прочности под действием термических и механических нагрузок. В результате расчета по модели, проведенному методом конечных элементов в программном комплексе Deform, получены температурное поле и картина износа в зоне контакта с точностью, достаточной для практического применения.

Результаты использованы для разработки методики оценки износа при лазерной наплавке высокоэнтروпийных сплавов для ООО ПК НТМЗ, г. Н-Тагил, Свердловская обл.

1.4. Секрет производства (ноу-хау): Влияние термобарической обработки на магнитокалорический эффект в сплаве $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$

Разработан режим термобарической обработки сплава $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$, приводящий к смещению максимального значения величины изменения магнитной энтропии (магнитокалорического эффекта) по температурной шкале с 212 К до 298 К.

Получено свидетельство № 23, дата учета и начала действия 20 мая 2021 г.

Планируется использовать в лаборатории низких температур.

1.5. Секрет производства (ноу-хау): Влияние термобарической обработки на электросопротивление сплава $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$

Разработан режим термобарической обработки сплава $Ni_{45}Mn_{44}In_{11}$, который позволяет добиться не только изменения вида температурной зависимости электросопротивления с “полупроводникового” на “металлический”, но и увеличения максимального значения электросопротивления в 1,7 раза (170 мкОм·см до и 297 мкОм·см после термобарической обработки).

Получено свидетельство № 24, дата учета и начала действия 20 мая 2021 г.

Используется в лаборатории низких температур.

2. Важнейшие законченные НИР и ОКР, выполненные в 2021 г. и готовые к практическому применению:

2.1. Портативная радиометрическая система и методики ее применения в медицинской радионуклидной диагностике.

Разработана универсальная портативная радиометрическая система (ПРС), включающая несколько миниатюрных детекторных модулей на основе твердотельных фотоумножителей и программное обеспечение и обеспечивающая функционирование в трех режимах: гамма-зондирование, 2D- сканирование и динамическая сцинтиграфия. Компоненты каждого детекторного модуля ПРС подобраны так, чтобы достичь максимальной чувствительности, а общая капсульная конструкция защищает их от повреждений и воздействия стерилизующих растворов. ПРС может эффективно применяться в радионуклидной диагностике при исследовании протяженных и малых объектов и систем, коротких и длительных процессов, а также 2D-визуализацию распределения, введенного радиофармпрепарата (РФП) как при стандартной, так при пониженной его исходной активности.

Результаты работы опубликованы в трех статьях (RJNDT, Биомедицинская радиоэлектроника, Известия ВУЗов. Приборостроение). Апробация портативной радиометрической системы проводилась на базе ГБУЗ СО "Областная детская клиническая больница №1", ГАУЗ Соод Свердловский областной онкологический диспансер, АО «Екатеринбургский центр МНТК «Микрохирургия глаза».

2.2. «Способ изготовления шарового элемента клапана для буровых скважин». Авторы: Замараева Ю.В., Логинов Ю.Н.

Разработан способ изготовления шарового элемента клапана для буровых скважин, который состоит из оболочки из деградируемого материала (магния или магниевый сплав) и центральной части, которая состоит из недеградируемого материала, например, стали. Преимуществом предлагаемого способа является наличие напряжений подпора со стороны шара из недеградируемого материала при пластическом формоизменении и создании оболочки из деградируемого материала. Наличие дополнительных напряжений сжатия положительно сказывается на повышении пластичности материала оболочки. Кроме того, по сравнению с шарами, целиком изготовленными из деградируемого материала, предлагаемый способ приводит к снижению стоимости, поскольку в центральной части шара цветной металл заменяется на дешевый черный металл.

Подана заявка на патент РФ (рег. № 2021107770).

2.3. «Устройство для углового прессования» Авторы: Замараева Ю.В., Логинов Ю.Н.

Разработано устройство для углового прессования, содержащее пуансон, помещенный в полость контейнера, опирающегося на плиту и имеющего на нижнем торце один или два прямоугольных паза, расположенные друг напротив друга, которые пересекаются с каналом контейнера под прямым углом, отличающееся тем, что в прямоугольном пазу или прямоугольных пазах вставлены матрицы, имеющие не менее двух каналов равноосной формы с расположением осей каналов в плоскости, ортогональной оси контейнера и вдоль оси прямоугольного паза и/или вдоль радиуса контейнера. Технологические возможности устройства расширены за счет возможности получения не только плоских заготовок, а также заготовок равноосного сечения, в том числе круглого, квадратного и иных сечений, при этом за счет применения нескольких каналов увеличивается количество получаемого продукта.

Подана заявка на патент РФ (рег. № 20211115016).

2.4. Новые фазы и уникальные баро- и деформационно-индуцированные термообратимые магнитные и структурные фазовые превращения в низкомолекулярных сплавах с эффектами памяти формы систем B2–Ti-Ni, L2₁–Ni-Mn-Ga, D0₃–Cu-Al-Ni.

Используя высокие давления (до 12 ГПа), мегапластическую деформацию и нагрев, обнаружены новые баро- и деформационно-индуцированные фазы и обратимые магнитные и структурные фазовые превращения в низкомолекулярных атомноупорядоченных сплавах с памятью формы трех наиболее перспективных для практического применения систем Ti-Ni, Ni-Mn-Ga, Cu-Al-Ni с разным структурным типом аустенитной фазы (B2, L2₁, D0₃). Полученные на данных сплавах результаты позволяют предложить целый ряд технологических решений применения обработки сплавов с ЭПФ давлением для улучшения их эксплуатационных свойств, а также новые устройства на их основе (электромеханические сенсоры и актюаторы разнообразного назначения). Имеются 3 ноу-хау (2020 г.) и 4 ноу-хау (2021 г.).

(лаб. цветных сплавов, ферромагнитных сплавов, низких температур, физики высоких давлений, лаб. конструкционных и функциональных материалов).

2.5. Разработан способ неразрушающего контроля уровня ударной вязкости изделий из среднеуглеродистых конструкционных сталей, термообработанных методом изотермической закалки в бейнитном интервале температур. Впервые установлена корреляция величины доли углерода в остаточном аустените относительно общего содержания углерода в стали и уровнем ударной вязкости. Способ может быть использован на предприятиях, специализирующиеся на выпуске мелкоразмерных деталей ответственного назначения из среднеуглеродистых экономнолегированных конструкционных сталей, закаленных с образованием бейнитных структур.

Способ оценки уровня ударной вязкости изделий из закаленной на бейнит конструкционной стали: пат. 2760634 Рос. Федерация: МПК G01N 23/00/ Калетин А.Ю., Калетина Ю.В., Симонов Ю.Н.; заявитель и патентообладатель Институт физики металлов имени М.Н.Михеева УрО РАН. № 2020136284; заявл. 03.11.20; опубл. 29.11.21, бюлл. № 34. 12 с.

2.6. Композитная антифрикционная бронза.

Разработана композитная антифрикционная бронза, структура которой представляет стальные дендриты на основе Fe, Ni, распределенные в медной матрице. Материал реализован в виде порошковой проволоки, пригодной для получения покрытий наплавкой и напылением, отличающихся высокой стойкостью против образования горячих трещин (характерного дефекта типовых антифрикционных бронз). Трибологические испытания при нагрузках и скоростях относительного скольжения, характерных для тяжелонагруженных подшипников скольжения, показали, что у покрытия из разработанной бронзы износостойкость повышена, а коэффициент трения одного уровня в сравнении с типовыми антифрикционными бронзами и баббитами. Подана заявка на патент РФ

Закончен НИР и идет внедрение на Уралмашзаводе, г. Екатеринбург, для замены баббита в узлах трения скольжения установок дробления железной руды.

2.7. *Способ селективного определения глубины и прочности поверхностно упрочненных слоев на стальных изделиях.*

Модельными расчетами и экспериментально показано, что изменение толщины упрочненного слоя на поверхности стальных объектов в наибольшей степени влияет на величину тангенциальной составляющей поля на поверхности объекта в межполюсном

пространстве, а изменение прочностных свойств слоя – на величину магнитного потока в цепи «преобразователь-объект». Это различие магнитных параметров предложено использовать для селективного контроля качества поверхностного упрочнения. Показано, что локально измеряемая по внутреннему полю коэрцитивная сила и максимальная величина магнитного потока, которые могут быть измерены в одном измерительном цикле с помощью единственного преобразователя, могут быть использованы в качестве диагностических параметров. Подготовлена заявка на патент.

Предложен для внедрения на ПАО "Уралмашзавод" (лаборатории комплексных методов контроля, интеллектуальных технологий диагностики)

2.8. Создано программное обеспечение для управления, сбора данных и обработки сигналов при проведении магнитных измерений в сильных импульсных магнитных полях. Программное обеспечение позволяет в интерактивном режиме проводить: считывание данных; построение различных графиков; интегрирование импульсных сигналов; устранение сдвига по фазе; перевод в абсолютные единицы магнитного поля и намагниченности; устранение раскомпенсации измерительных катушек; управление температурой измерения и зарядом конденсаторной батареи.

Применяется в ЦКП ИФМ УрО РАН в Отделе магнитных измерений, в секторе импульсных магнитных полей.

Получено [Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ](#) RU 2021660597, 29.06.2021. Заявка № 2021619553 от 16.06.2021.

2.9. Создано программное обеспечение для определения различных вкладов (электронного, фонного, магнитного) в экспериментально измеренные температурные зависимости теплоемкости сплавов и соединений и для вычисления магнитокалорического эффекта.

Применяется в лаборатории ферромагнитных сплавов и в ЦКП ИФМ УрО РАН в Отделе магнитных измерений, в секторе импульсных магнитных полей.

Получено [Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ](#) RU 2021660598, 29.06.2021. Заявка № 2021619552 от 16.06.2021.

2.10. Создано программное обеспечение для управления, сбора данных и обработки сигналов пермаграфов. Программа позволяет в интерактивном режиме проводить: калибровку измерительных катушек; корректировку дрейфа флюксметра; считывание данных; построение различных графиков; вычисление коэрцитивной силы, остаточной индукции, максимального энергетического произведения; печать графиков с измеренными техническими данными постоянных магнитов.

Применяется в лаборатории ферромагнитных сплавов при проведении научных исследований, НИР, ОКР и хозяйственных договоров по созданию постоянных магнитов.

Получено [Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ](#) RU 2021660599, 29.06.2021. Заявка № 2021619550 от 16.06.2021.

2.11. Магнитно-анизотропный порошок $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ для изготовления магнитопластов и металлопластов

В лаборатории ферромагнитных сплавов ИФМ проведена разработка перспективного магнитотвердого порошка Sm-Fe-N для изготовления анизотропных магнитопластов на его основе. В настоящее время получен магнитно-анизотропный порошок $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$, не имеющий российских аналогов по уровню свойств. В качестве исходного материала используется отечественный быстрозакаленный сплав $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}$, полученный по технологии strip-casting. Её применение способствует улучшению микроструктуры исходного сплава. В результате оптимизации технологических параметров процесса азотирования и измельчения, включая подборку концентрации

сочетания защитная жидкость-ПАВ, получен порошок $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ со свойствами: $B_r \geq 13.7$ кГс, $H_c \geq 9.7$ кЭ, $(BH)_{\text{max}} \geq 24$ МГс*Э. В настоящее время анизотропный порошок $\text{Sm}_2\text{Fe}_{17}\text{N}_3$ успешно апробирован в разрабатываемой лабораторной технологии изготовления металлопластов с добавками цинка.

2.12. Аттестация структурного состояния высокотемпературных магнитов Sm-Co-Fe-Cu-Zr, производимых на ООО «ПОЗ-Прогресс».

Проведен комплекс научно-исследовательских работ по совершенствованию схемы термической обработки высокотемпературных магнитов системы Sm-Co-Fe-Cu-Zr, полученных от ООО «ПОЗ-Прогресс». В результате выполненной оптимизации температурных режимов магнитов из сплавов № 280 состава 26.75Sm 52.25Co 10.0Fe 9.00Cu 2.00Zr (вес. %) и № 281 состава 26.00Sm 52.25Co 10.00Fe 9.00Cu 2.50Zr (вес. %) показано, что при точном выборе температуры гомогенизации, существенно повышается прямоугльность кривых размагничивания. Увеличение времени изотермического отжига при 830 °С до 25 часов приводит к значительному увеличению коэрцитивной силы. В результате проведенной оптимизации термической обработки магнитов из сплава № 281 удалось повысить их максимальное энергетическое произведение от 13.3 до 19.5 МГсЭ (на 47 %) при коэрцитивной силе 34.5 кЭ, а на магнитах из сплава № 280 максимальное энергетическое произведение было повышено от 12.4 до 21.0 МГсЭ (на 69 %) при коэрцитивной силе 30.1 кЭ. Результаты выполненной НИР свидетельствуют, что оптимизация режима спекания и гомогенизации способна значительно улучшить свойства производимых магнитов. В 2022 г. ожидается ОКР, финансируемая ООО «ПОЗ-Прогресс».