



ЦНИИТМАШ

РОСАТОМ

Государственный научный центр Российской Федерации
Акционерное общество «Научно-производственное
объединение «Центральный научно-исследовательский
институт технологии машиностроения»

ИНСТИТУТ МЕТАЛЛУРГИИ И МАШИНОСТРОЕНИЯ



Подразделения, входящие в состав Института металлургии и машиностроения, по праву можно назвать стеновым хребтом АО «НПО «ЦНИИТМАШ». На основе отделов металлургии стали и холодной обработки металлов, входивших на тот момент в состав Московского отделения Ленинградского института металлов, в 1929 году Приказом ВСНХ СССР № 508 был образован самостоятельный научно-исследовательский институт машиностроения (НИИМаш).

С первых лет своего существования ЦНИИТМАШ стал научным центром машиностроения в Советском Союзе и по сей день является уникальным предприятием, где фундаментальные научные разработки превращаются в технологии для конкретных производств. Открытия и разработки, сделанные в подразделениях института, стали знаковыми и определили развитие ведущих отраслей машиностроения на годы вперед. Это, например:

- разработка научных основ и технологии производства отливок из чугуна с шаровидным графитом; создание серии композиций новых специальных чугунов;
- разработка и внедрение в СССР и зарубежных странах технологии и оборудования для применения жидкоподвижных самотвердеющих смесей в литейном производстве;
- создание научных основ и комплексной технологии производства крупных деталей из сталей высокой чистоты для атомного, энергетического и тяжелого машиностроения;
- создание теоретических основ и практических технологий деформации труднодеформируемых сталей и сплавов, производства сложных толстостенных штампованных изделий;
- создание теоретических основ механики процессов резания, изнашивания инструмента, формирования поверхностного слоя, обрабатываемости различных труднообрабатываемых материалов;
- создание уникального металлорежущего оборудования и высокопроизводительного инструмента и СОЖ для обработки глубоких отверстий, крупных резьбовых соединений;
- создание школы отечественного редуكتورостроения для отраслей тяжелого, энергетического и транспортного машиностроения;
- научное руководство, обоснование применения и участие в создании крупнейших в мировой практике установок последовательного наплавления (ЭШП-60, ВДП-40, ЭЛП-30) и вакуумных индукционных печей, создание уникальных комплексных технологий изготовления ответственных изделий из металла этих процессов.

На основе системных научных и технологических разработок были созданы условия для из-



готовления крупнейших штамповочных прессов 65 000 и 70 000 тс; поковок для АЭС и ТЭС из слитков массой до 420 т; организовано производство фасонных отливок для крупнейших гидротурбин СССР (все ГЭС Волжского каскада, Саянская и Ангарская ГРЭС, Узбекистан и др.), Индии (Бханра, Нанчал), Египта (Асуанская ГЭС), Бразилии, Греции и т.д.; создана устойчивая промышленная технология производства гигантских турбинных дисков, в том числе из никелевых сплавов для ГТУ; создана активная зона демонстрационной установки «Токамак» с сильным полем; разра-

ботаны нейтронопоглощающие шестигранные трубы из безникелевой высокохромистой стали и др.

Институт металлургии и машиностроения ЦНИИТМАШ продолжает вести активную деятельность по созданию новых материалов и технологий для машин и оборудования. На сегодняшний день можно выделить несколько основных направлений, в которых ведутся разработки. Это, в первую очередь, деятельность в интересах Госкорпорации «Росатом» по созданию и совершенствованию технологии производства основных ответственных изделий для АЭУ с реакторами типа ВВЭР, а также:

- создание технологии производства корпусных изделий новой конструкции с увеличенными размерами складывающихся их деталей, что позволяет значительно увеличить срок эксплуатации, снизить себестоимость и энергозатраты;
- создание новых материалов и технологий для реакторов на быстрых нейтронах, водо-водяных реакторов новых поколений;
- разработка новых материалов и технологий для обращения с радиоактивными отходами;
- создание новых материалов и технологий для турбин с суперсверхкритическими параметрами пара (поковки роторов, трубы, элементы трубопроводов);
- создание новых криогенных и коррозионно-стойких duplex-сталей для оборудования, испытывающего высокие климатические, коррозионные и механические нагрузки;
- развитие технологического производства труб для газо- и теплопроводов, а также запорной и регулирующей аппаратуры;
- создание принципиально нового оборудования и технологии ЭШП сталей для энергетики и тяжелого машиностроения;
- исследования и разработка новых технологических процессов, металлорежущего оборудования, инструмента, эффективных смазочно-охлаждающих технологических сред для производства изделий энергетического машиностроения;
- разработка новых чугунов, формовочных материалов и литейных технологий для производства высококонкурентного литья;

- создание оборудования для резки и сварки с использованием технологии газоплазменной обработки;

- разработка линейки аддитивного оборудования серии MeltMaster и технологии печати изделий по технологии СЛП (селективного лазерного плавления);

- разработка линейки оборудования серии NanoARC и технологии нанесения защитных и триботехнических покрытий;

- создание оборудования для атомизации металлических материалов и получения порошков для аддитивных технологий.

Важное место уделяется работе с информационными технологиями, превращению эмпирической технологии в информационную путем компьютерного

моделирования процессов с возможностью мониторинга и корректировки в процессе создания модели.

Ведется постоянный сбор информации по свойствам энергетических и машиностроительных материалов. Сформированы два банка данных, содержащих сведения по более чем 2000 отечественных и 20000 иностранных марок.

У института налажены связи и ведется работа с большинством крупных машиностроительных и металлургических предприятий России и СНГ. Работы проходят в тесном контакте и сотрудничестве с ведущими техническими вузами, особое внимание уделяется подготовке молодых инженеров-исследователей, чьей задачей станет продолжение славных традиций института.

В Институте металлургии и машиностроения проводятся научно-исследовательские и инжиниринговые работы по следующим направлениям:

- Металлургия стали и сплавов на основе железа, никеля, кобальта.

- Технология выплавки, внепечной обработки, разливки и затвердевания.

- Технология производств специальной электрометаллургии (ЭШП, ВДП, ЭЛП, ВИП).

- Технология фасонного литья (оценка технологичности и проектирование отливок, формовка, разливка).

- Термодеформационная обработка (оценка технологичности, проектирование комплекс-

- ной технологииковки и штамповки, проектирование и изготовление оснастки).

- Термическая обработка.

- Технология холодной обработки материалов и создание специальных редукторов.

- Аддитивные технологии.

- Защитные покрытия (разработка составов и технологии нанесения).

- Моделирование и разработка цифровых аналогов технологий и изделий.

Продукция Института

1. Технологические процессы и технологическая документация.

1.1. Комплексная (от исходных материалов до сертифицированной продукции) технология производства поковок (выплавка, внепечная обработка, ковка, штамповка, прокатка, предварительная и окончательная термическая обработка, механическая обработка, контроль, оформление сдаточной документации, сопутствующая технологическая и нормативная документация):

- для атомного оборудования из конструкционных сталей из слитков массой до 500 т (корпусные изделия, днища, фланцы, трубопроводы);

- для энергетического оборудования, в том числе для турбин ССКП (ротора турбин и турбогенераторов моноблочные, диски и хвостовики для сварных роторов, трубы и элементы трубопроводов) из конструкционных и высоколегированных марок стали из слитков массой до 420 т;



- для тяжелого, нефтехимического, химического, горнодобывающего машиностроения (валы, плиты, диски, полые корпуса и др.) из слитков массой до 420 т.

1.2. Комплексная технология (проектирование, разработка технологии, оснастки) производства фасонных отливок из чугунов (с шаровидным, вермикулярным графитом, легированных) из конструкционных и высоколегированных сталей полезной массой до 110 т.

1.3. Комплексная технология поковок для атомного, энергетического и других отраслей машиностроения из высоколегированных и коррозионноустойчивых сталей и никелевых сплавов из слитков массой до 120 т, в том числе с применением ЭШП и других процессов последовательного наплавления.

1.4. Комплексная технология получения поковок и отливок, в том числе особо крупных со специальными свойствами (стойкость против деградации под действием облучения, климатических и коррозионных воздействий, внезапных экстремальных динамических нагрузок сейсмического и другого вида и т.п.), из сталей высокой чистоты с контролируемым содержанием повреждающих технологических и других миноритарных элементов.

1.5. Комплексная технология производства поковок, отливок, штамповок и проката с применением ЭШП, ЭЛП, ВИП, ВДП и специальных комбинированных технологий (лигатурный метод, многоковшечная разливка, обработка инертными и активными газами, кокильное литье и т.п.).

1.6. Технологии изготовления изделий, в том числе крупногабаритных, методом СЛП.

1.7. Технология и организация производства современных формовочных материалов для индивидуального и серийного производства чугунных и стальных отливок с высоким уровнем экологической безопасности; повышение качества поверхности отливок, снижение трудоемкости и материалоемкости в 2...3 раза.

1.8. Технология и организация механической обработки с применением оригинальных конструкций режущего инструмента, высокоэффективных смазочно-охлаждающих сред, с одновременным повышением ресурса работы тяжело нагруженных изделий до трех раз.

1.9. Создание компьютерных моделей и цифровых двойников технологий и изделий с использованием комбинированных физико-статистических моделей.

2. Создание оборудования

2.1. Комплексное оборудование для ЭШП при производстве круглых, листовых и фасонных заготовок массой до 120 т.

2.2. Создание сталеплавильных модулей для машиностроительных и металлургических цехов ми-

кро- и малой производительности с установками внепечного рафинирования.

2.3. Создание уникальных высокоточных зубчатых передач и редукторов, включая:

- прямозубые, косозубые и шевронные цилиндрические зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления, конические, глобоидные, червячные передачи;

- редукторы, в том числе работающие в экстремальных условиях, – цилиндрические, конические, планетарные, глобоидные, червячные.

2.4. Оборудование и сопутствующая техника для нанесения защитных и триботехнических покрытий:

- оборудование серии Meltmaster для получения изделий методом СЛП из коррозионноустойчивых сталей, Ni и Ti сплавов;

- оборудование серии NanoARC для нанесения высокотвердых и защитных покрытий (например, TiN, AlTiN, CrN, CrC, TiCN и др.);

- оборудование для атомизации металлических материалов с целью их применения при исполнении аддитивных технологий.

2.5. Расчет, проектирование и изготовление уникальных штампов и оснастки для производства крупных толстостенных изделий из конструкционных и специальных сталей.

3. Заготовки и изделия

3.1. Сертифицированные слитки из металла вакуумных индукционных печей массой до 50 кг и открытых – до 150 кг.

3.2. Сертифицированные, термически и механически обработанные поковки из сталей и сплавов массой до 50 кг.

3.3. Сертифицированные, механически обработанные чугунные и стальные фасонные отливки:

- чугунные (из ВЧШГ и специальных чугунов) – до 150 кг;

- стальные из конструкционных, высоколегированных, специальных сталей, сплавов на основе железа и никеля – массой до 150 кг.

3.4. Изделия из металла, полученного методом ЭШП, с током промышленной и пониженной частоты:

- слитки диаметром до 275 мм и массой до 300 кг;

- полые слитки;

- слитки переменного сечения и изменяющего химического состава.

3.5. Изделия, полученные по аддитивной технологии:

- изготовленные методом СЛП на установках Meltmaster размером до 540×540 мм;

- изделия с нанесенными покрытиями на установках NanoARC (толщина покрытия до 50 мкм).

Основные направления научно-технической деятельности:

- Проведение фундаментальных исследований, научно-исследовательских и опытных работ по созданию новых технологий выплавки и внепечной обработки сталей и сплавов для создания ответственных высоконадежных изделий для атомных, тепловых и гидроэлектростанций, предприятий химической, металлургической, нефтеперерабатывающей промышленности и коммунального хозяйства.

- Разработка и освоение современных комплексных технологических решений производства стали, адаптированных к условиям конкретного производства и номенклатуры выпускаемой продукции, с целью снижения себестоимости и повышения конкурентоспособности предприятия.

- Авторский надзор за производством заготовок АЭУ, в т.ч. актуализация НТД и ПТД.

- Разработка, проектирование и авторский надзор за изготовлением металлургических агрегатов.

- Выплавка сталей и сплавов на экспериментальной базе лаборатории и разработка будущих промышленных технологий.

- Внедрение результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в металлургической и машиностроительной промышленности.

- Экспертиза проектов, технической документации и промышленной безопасности объектов металлургических производств.

- Подготовка научных кадров высшей квалификации через аспирантуру и докторантуру предприятия.

- Инжиниринг проектов.

- Технологический мониторинг и технологический аудит.



- Математическое и цифровое моделирование процессов производства стали, в том числе:

- шихтоподготовка;

- выплавка жидкого полупродукта в электродуговых печах;

- доводка стали на установках внепечной обработки.



Ключевые достижения и разработки:

- технологии выплавки, внепечной обработки и разливки сложнолегированных сталей, в том числе высокохромистых сталей для роторов и изделий с суперсверхкритическими параметрами пара (трубы, арматура, котлооборудование);

- технологии производства лопастей и рабочих колес для гидротурбин различной мощности;

- технологии производства аустенитной стали с контролируемым количеством феррита;

- комплексные методы производства высокочистых сталей с оптимальным составом и распределением неметаллических включений, в том числе для особо ответственных изделий массой до 500 т;

- методы управления составом неметаллических включений по данным об окисленности металлического расплава;

- технологии, обеспечивающие производство ответственных изделий АЭУ высокого металлургического качества (удлинённые обечайки активной зоны корпуса реактора ВВЭР ТОИ из слитков массой 420 т, трубы ГЦТ);

- агрегаты комплексной внепечной обработки стали (АКВОС) вместимостью 1-150 т (АКВОС-20 и АКВОС-40 успешно эксплуатируются на ОАО «Электросталь» и ОАО «ЭЗТМ»).

Основные направления научно-технической деятельности:

- Отработка технологий получения заготовок из сталей и сплавов новых составов или усовершенствованных существующих в области выплавки, литья и термомодеформации металлов.

- Малотоннажное производство на собственной экспериментальной базе – выплавка и переплав сталей, чугунов и других сплавов, получение слитков и отливок, ковка слитков и прокатка заготовок, термообработка металла. Поставка небольших

партий заготовок для дальнейшего передела или исследований.

- Получение металла различного состава и структуры для выбора оптимальных по требуемым свойствам состава и структуры по результатам испытания полученных образцов.

- Проведение экспериментов при создании новых металлургических агрегатов или усовершенствовании существующих.

Ключевые разработки последних 5 лет:

- Разработка и освоение технологии выплавки сложных термомагнитных сплавов.

- Разработка и освоение технологии выплавки иковки прецизионных сплавов 27КХ и 56ДГНХ с селективным уровнем свойств в открытой индукционной печи.

Перспективные направления:

- Разработка новых составов сталей и сплавов, отвечающих перспективным требованиям заказчиков, освоение технологий их выплавки, разлива, ковки и химико-термической обработки, создание нормативно-технической документации и оформление РИД:

- стали и сплавы с селективным уровнем свойств с гарантированным обеспечением жестких требований по химическому и фазовому составу, в том числе с низким содержанием по сере, фосфору, газам и примесям, а также неметаллическим включениям (стали нового поколения);

- стали, высоколегированные титаном;

- стали, высоколегированные азотом;

- прецизионные и термомагнитные сплавы;

- сплавы с высоким содержанием меди.

- Разработка составов и сквозных технологий получения сталей и сплавов, работающих в агрессивных средах, для горного и горно-шахтного оборудования, в том числе в северном исполнении.



Основные плавильные агрегаты ИМиМ:

- Открытые индукционные печи ёмкостью от 12 до 160 кг (2 источника питания).

- Вакуумная индукционная печь ВИАМ-100 ёмкостью до 50 кг.

- Вакуумная индукционная печь ОКБ-716 ёмкостью до 15 кг.

- Установка плавления флюса А-550.

- установка электрошлакового переплава ЭШПО5У с возможностью получения слитков и заготовок полого и сплошного сечения диаметром 100–275 мм, массой до 300 кг.

Основные направления научно-технической деятельности:

- Оптимизация существующих технологических процессов, разработка и внедрение современных стандартизованных технологий разливки стали в слитки сверху, сифоном, на воздухе, в защитной атмосфере и в вакууме.
- Оптимизация конфигурации и параметров применяемой оснастки для заливки слитков, а также теплоизоляционных и экзотермических материалов с учетом производимой номенклатуры продукции.
- Аудит действующих промышленных предприятий.

- Проектирование и технологическое сопровождение изготовления и освоения нового оборудования для разливки стали, в т.ч. изложниц.
- Разработка новых составов экономнолегированных сталей для специального применения.
- Компьютерное моделирование кристаллизации слитков.
- Разработка цифровых систем управления качеством и экономическими показателями производства.

Ключевые разработки последних лет:

- Освоение с помощью комплекса аналитических, лабораторных и опытно-промышленных работ производства стальных слитков селективного химического состава с узкими пределами содержания элементов массой до 420 т, а также создание научно-технологического задела и промышленного оборудования для получения слитков массой до 600 т.
- Создание системы автоматизированного проектирования технологии изготовления слитков для ответственных изделий машиностроения, в т.ч. атомного, энергетического и тяжелого, позволя-

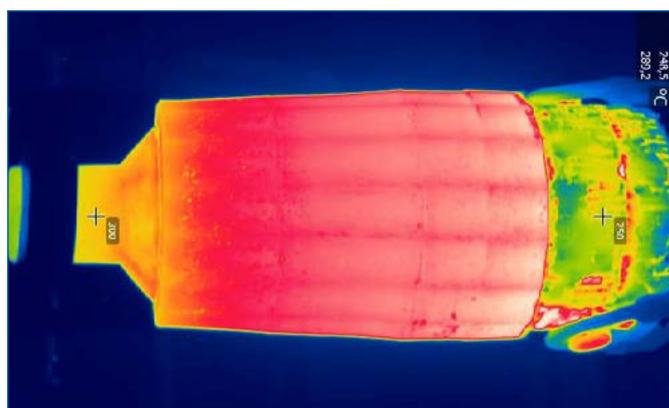
ющей оптимизировать технологический процесс разливки, с целью минимизации затрат на освоение производства новых изделий при гарантированном обеспечении требуемого качества металлопродукции.

- Повышение коэффициента использования металла до 80–90% для крупных слитков.
- Разработка элементов цифровой системы управления качеством и экономическими показателями при производстве ответственных металлоизделий.

Перспективные направления:

- Оптимизация геометрии разливочной оснастки, обеспечивающая гарантированное предотвращение формирования усадочной осевой рыхлости, на основе компьютерного моделирования с использованием собственного программного комплекса (в т.ч. с учетом перераспределения элементов при кристаллизации).
- Совершенствование разливки слитков.
- Защита от вторичного окисления, гидродинамическое движение расплава в промежуточном ковше и изложнице.
- Применение полых слитков.
- Управление затвердеванием как иной путь создания конструкционных материалов нового поколения.

- Цифровые технологии в металлургии для машиностроения:
 - повышение стабильности свойств и обеспечение высокого качества металла без капитальных затрат на переоборудование;
 - обеспечение возможности проведения анализа и корректировки технологического процесса производства изделий в режиме реального времени;
 - транслирование данных с одного технологического передела на другой, учёт фактических параметров каждого предыдущего процесса для оптимизации параметров текущего;
 - оптимизация и рационализация документооборота путем полной замены бумажных документов электронными с обеспечением полноты и объективности информации о характеристиках качества металла, технологических параметрах его производства и результатах испытаний.



Основные направления научно-технической деятельности:

- Разработка и внедрение в промышленное производство комплексных технологий изготовления качественных сплошных, полых и фасонных заготовок ответственных изделий энергетического, в т.ч. атомного, нефтехимического машиностроения и ОПК методами последовательного наплавления.

- Инжиниринг в области специальной электрометаллургии: электрошлакового переплава (ЭШП), вакуумно-дугового переплава (ВДП), электронно-лучевого переплава (ЭЛП), вакуумно-индукционной плавки (ВИП).

- Проектирование и изготовление лабораторного и промышленного оборудования для производства сплошных, полых и фасонных заготовок ЭШП.

- Исследования и разработки в следующих направлениях:

- контроль и управление окислительно-восстановительными процессами, физической, структурной и химической однородностью слитков;

- моделирование термокинетических, теплофизических и электрических процессов, в т.ч. с использованием переменного тока пониженной частоты;

- разработка составов и технологий выплавки, термометаллургической и химико-термической обработки сталей и специальных сплавов, в т.ч. с нитридным / карбонитридным упрочнением;

- разработка новых флюсов ЭШП, исследование их физико-химических и технологических характеристик.

- Малотоннажное производство на собственной экспериментальной базе слитков и заготовок, в т.ч. ЭШП полого и сплошного сечения диаметром 100 – 275 мм, массой до 300 кг; ВИП диаметром 90–150 мм, массой до 50 кг из коррозионноустойчивых, жаропрочных, прецизионных сплавов на железо-никелевой и никель-медной основах.

- Промышленный аудит в области специальной электрометаллургии.

- Разработка нормативно-технической и эксплуатационной документации.

- Повышение квалификации персонала и научно-педагогическая деятельность.

Ключевые разработки последних лет:

- Технологии ЭШП слитков для изготовления энергетического оборудования:

- роторов турбин высокого и среднего давления ССКП (600–650°C, до 28 атм);

- парогенераторов энергетических установок БН;
- внутрикорпусных устройств, дисков газовых турбин;

- дисков турбин высокого давления (Hanjung, Республика Корея).

- бесшовных труб для трубопроводов ССКП (ООО «Белэнергомаш-БЗЭМ»).

- Комплексная технология производства труб – оболочек ТВЭЛ из стали ЧС68 ВИ (для АО «ВНИИНМ им. А.А. Бочвара»).

- Технология циклического электрошлакового переплава стали ЧС82 для контейнеров уплотненного хранения отработавшего ядерного топлива (совместно с ПАО «Русполимет»).

- Разработка коррозионноустойчивой супердуплексной наноструктурированной стали 03X23H6M4ДЗАБ-Ш (Минобрнауки РФ).

- Технологический процесс кокильного электрошлакового литья фланцев запорной арматуры из стали 12X18H10T (АО «Курганспецарматура»).

- Комплексная технология изготовления трубных заготовок из сплавов на основе хрома для систем подачи топлива двигателей коррекции орбиты системы «ГЛОНАСС» (совместно с АО «Композит»).

- Технология изготовления слитков ЭШП переменного химического и фазового состава перлит/аустенит/перлит (Минобрнауки РФ).

- Комплексная технология производства, изготовление партии отливок и поковок для элементов судовой арматуры из стали 03X23H6M4ДЗАБ (АО «Армалит»).

- Разработка никелевых сплавов повышенной жаропрочности и жаростойкости.

- Проектирование, инжиниринг и технологическое обеспечение комплекса ЭШП-15/30 для производства заготовок сплошного и полого сечения длиной до 9000 мм, с толщиной стенки 40–120 мм, массой до 30 т, в перспективе – до 120 т (АО «ОРМЕТО-ЮУМЗ»).

- Проектирование, изготовление и пуск в эксплуатацию опытной установки ЭШП под давлением до 16 атм для выплавки сталей со сверхравновесным содержанием азота (НИТУ «МИСиС»).



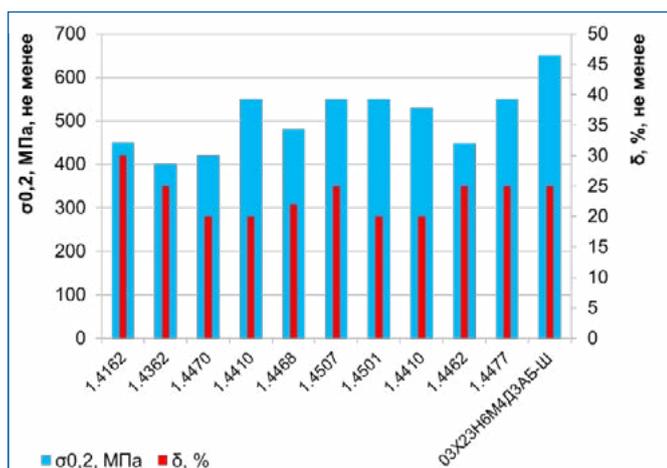
Перспективные направления:

- Разработка супердуплексных сталей, упрочненных наноразмерными нитридами/карбонитридами заданной топологии и морфологии, и комплексных технологий производства элементов оборудования, эксплуатируемого длительное время при высоких коррозионно-механических нагрузках, в т.ч. в морской воде, при добыче и переработке природного газа, в других агрессивных средах.

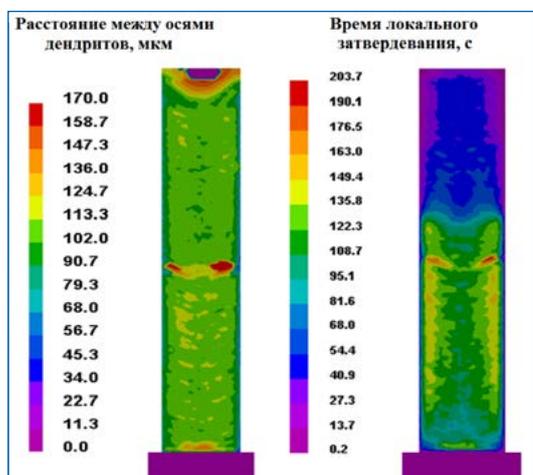
- Разработка никелевых сплавов с повышенными характеристиками жаропрочности и жаростойкости и комплексных технологий производства конечных изделий из них на основе:

- повышения эффективности твердорастворного упрочнения за счет использования тугоплавких металлов Mo, W, Ta, Re;

- инженерии границ зерен с использованием элементов Hf, Zr, Y, упрочняющих границы за счет селективной сегрегации и выделения наноразмерных термодинамически устойчивых фаз, сдерживающих рост аустенитных зерен;



Механические свойства супердуплексной стали 03X23H6M4D3AB и зарубежных аналогов



Моделирование расстояния между осями дендритов и времени локального затвердевания в слитке ЭШП со сменой электрода

- управления кинетикой выделения стабильных нитридов и карбонитридов при высокотемпературном азотировании (химико-термической обработке);

- управления формированием мелкодисперсной гетерогенной структуры в процессе ЭШП слитков переменного состава с применением тока пониженной частоты для изготовления ответственных элементов специальной техники.

- Разработка металлургических технологий, в т.ч. ВИП-ЭШП для производства прогрессивных материалов энергоблоков с ультравысокими параметрами пара на базе никелевых жаропрочных сплавов (композитного ротора цилиндров высокого и среднего давления паровой турбины, запорной и регулирующей арматуры).

- Инжиниринг и разработка проектов создания и модернизации производственных комплексов для изготовления крупногабаритных заготовок энергетического оборудования методами специальной электрометаллургии в соответствии с Дорожной картой развития атомного машиностроения в РФ.

- Реализация Программы совершенствования технологии и оборудования ЭШП с целью обеспечения качества продукции совместно с предприятиями Госкорпорации «Ростех».



Корпуса запорной и регулирующей арматуры из стали 10Х9МФБ-Ш



Печь ЭШП-0,05 под давлением



Слиток ЭШП 60 т из стали 12Х10М1В1ФБРА-Ш

Основные направления научно-технической деятельности:

Лаборатория является правопреемником славного литейного отдела АО «НПО «ЦНИИТМАШ». В лаборатории работают доктора и кандидаты технических наук мирового значения.

Лаборатория осуществляет инжиниринг в области стального и чугунного литья, материаловедческие и технологические разработки, разработки в области цифровизации технологических процессов, обучение персонала, разработку и согласование нормативно-технической документации по всем направлениям машиностроения, особенно в области атомного энергетического машиностроения.

Общие вопросы литейного производства

- Разработка сквозного технологического процесса изготовления отливок.
- Аттестация технологического процесса производства литых заготовок.
- Разработка технологии изготовления и применения высокоэффективных экзотермических прибыльных вставок нового поколения на основе процессов холодного твердения, позволяющих обеспечить повышение выхода годного на 20–50%.
- Разработка технологической документации (ТУ, ОСТ, ГОСТ и т.д.).
- Сопровождение технологического процесса изготовления стальных и чугунных отливок.
- Разработка нормативно-технологической документации на технологический процесс изготовления отливок.
- Согласование нормативно-технологической документации и технологических процессов для нужд атомной энергетики и других отраслей промышленности.

Стальное литье

Разработка оптимальной технологии получения отливок, в т.ч. крупнотоннажных, для нужд атомной энергетики и других отраслей машиностроения.

Формовочные процессы и материалы

- Разработка современных формовочных и стержневых холоднотвердеющих смесей для стального и чугунного литья.
- Разработка составов и технологий применения холоднотвердеющих экзотермических прибыльных вставок.
- Исследование и разработка формовочных смесей и покрытий согласно требованиям заказчика.
- Разработка технологии формообразования на основе современных связующих материалов с регенируемостью, обеспечивающей существенное улучшение экологии получения отливок, их качества и товарного вида.

Аддитивные технологии

- Изготовление литейных форм и стержней методом цифровой печати.
- Технология изготовления отливок методом 3D-печати литейных форм.

Центробежное литье (ЦБЛ)

- Разработка технологии изготовления отливок методом ЦБЛ (моно- и биметалл, втулки, валки).
- Проектирование машин ЦБЛ и их изготовление.

Промышленный аудит

Технический и технологический аудит, анализ и экспертиза литейных производств и заводских технологий, рекомендации для конкретных литейных производств.

Литейное материаловедение

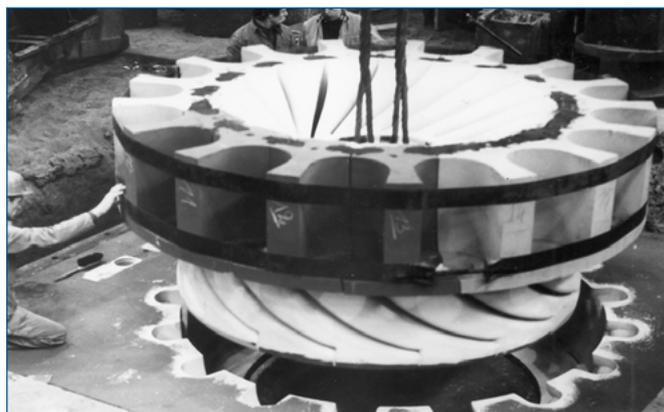
- Разработка новых основных и вспомогательных формовочных материалов.
- Разработка современных противопригарных покрытий.
- Разработка современных легирующих и модифицирующих материалов.
- Разработка модификаторов для чугуна с вермикулярным графитом (ЧВГ) и высокопрочного чугуна с шаровидным графитом (ВЧШГ).
- Разработка теплоизоляционных покрытий для ЦБЛ (например, для валковой продукции).

Производство

Изготовление отливок и малотоннажных партий отливок для нужд атомной энергетики и других отраслей машиностроения и металлургии на собственной производственной базе.

Обучение

Специалисты лаборатории проводят обучение рабочих кадров и инженерно-технических работников в заводских условиях по специально разработанной программе, по всем вопросам литейного производства.



Сборка литейной формы рабочего колеса гидротурбины «Francis»

Перспективные направления:

Новые стали и чугуны

- Разработка нейтронопоглощающих сталей и чугунов с регулируемой структурой.
- Разработка сталей и чугунов с повышенной абразивной и ударно-абразивной износостойкостью.

Новые формовочные процессы

Разработка нового технологического процесса («warm-process») для конкретных условий производства.

Внедрение новых материалов для:

- формовочных и стержневых смесей;
- противопопригарных и теплоизоляционных покрытий;
- футеровки индукционных плавильных агрегатов;
- обмазки ковшей.

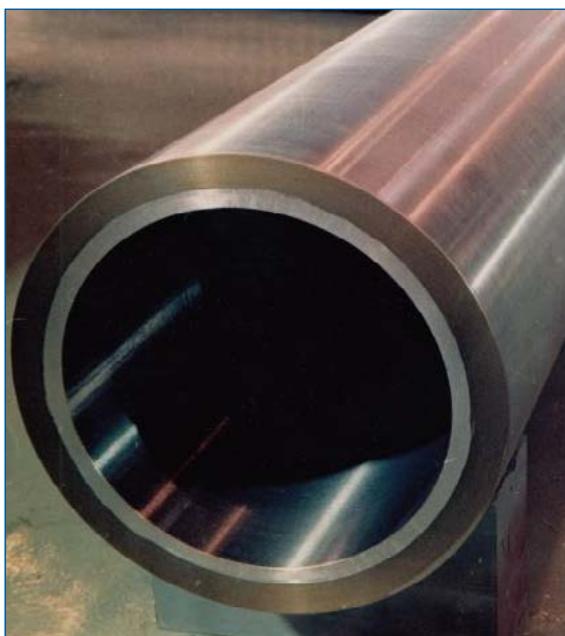
Цифровые технологии

- Создание новых технологических процессов и оборудования для 3D-печати литейных форм и стержней.
- Исследование и улучшение существующего процесса 3D-печати литейных форм и стержней.

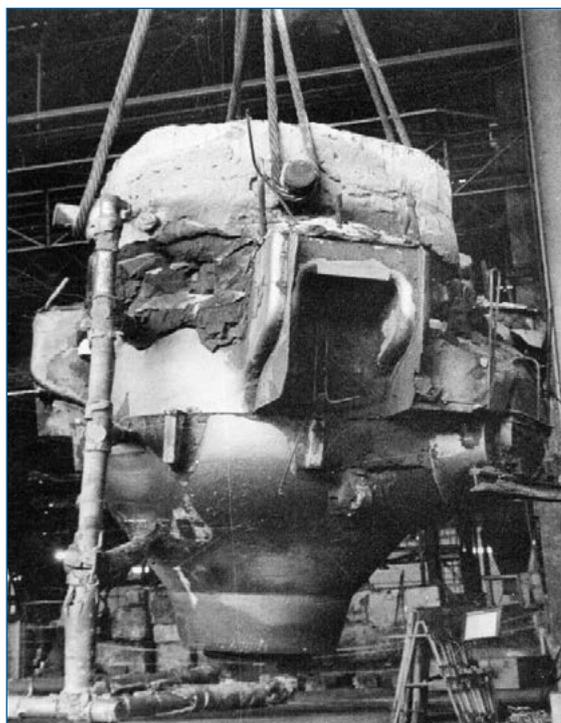
Состав лаборатории

В составе лаборатории трудятся доктора и кандидаты технических наук, аспиранты, инженеры, общая численность составляет 10 человек.

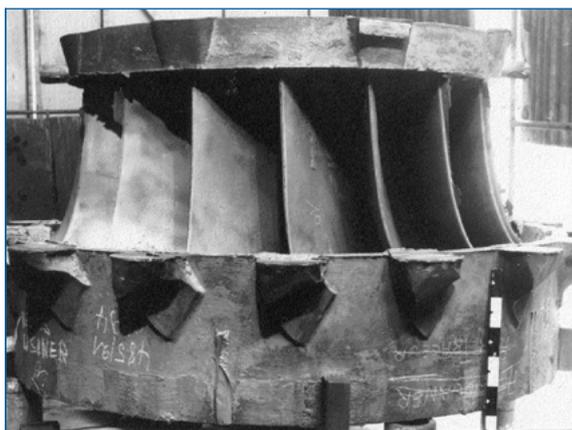
На основе проведенных работ ежегодно публикуется 15-20 печатных работ, в том числе РИД.



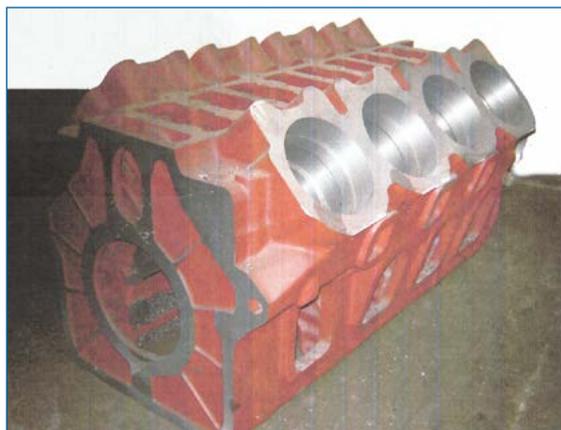
Биметаллическая труба для главного циркуляционного трубопровода, изготовленная методом ЦБЛ



Отливка корпуса главного циркуляционного насоса (ГЦНА) массой 48 т из стали 06Х12НЗДЛ



Отливка рабочего колеса «Francis»



Блок цилиндра из чугуна марки ЧВГ

Основные направления научно-технической деятельности:

- Разработка новых конструкционных материалов, в т.ч. для криогенной техники.
- Разработка технологий производства конструкционных материалов (листового проката, электросварных и бесшовных труб, поковок, муфт), применяемых при изготовлении мостовых, строительных конструкций, оборудования химического машиностроения, а также для нефтегазовой отрасли промышленности.
- Разработка методик и программ исследований качественных характеристик конструкционных материалов.
- Научно-техническое сопровождение производства металлопроката и изготовление опыт-

но-промышленных партий металлопроката на металлургических предприятиях.

- Проведение научно-технических экспертиз.



Новые конструкционные материалы для криогенной техники:

Развитие химической и нефтехимической промышленности, изменение структуры основных потребителей, в частности, из-за соблюдения экологических стандартов и изменения стоимости энергоносителей, а также интенсивное освоение газовых месторождений в России, в том числе и в арктических условиях, требуют во все более широких масштабах осуществлять транспортировку, переработку и хранение природного газа. Известно,

что в сжиженном состоянии 1 м³ природного газа дает при регазификации 600 м³ обычного газа.

Однако наиболее подходящие для специфических условий эксплуатации никелевые хладостойкие стали в России не производятся промышленно с конца 80-х годов. В настоящий момент для изготовления деталей оборудования в основном применяется аустенитная коррозионноустойчивая сталь типа 18/10 зарубежного производства (ЕС, КНР).

Ключевые разработки последних лет:

Разработаны экономнолегированные никельсодержащие марки стали типа 0Н6 для использования в проектах по производству, хранению и транспортировке сжиженного природного газа (СПГ), отличающиеся от имеющихся на рынке материалов,

например, наиболее широко применяющихся в Российской Федерации при температурах ниже минус 70°С – аустенитных коррозионноустойчивых сталей типа 18/10 (18% Cr / 10% Ni) со сниженной стоимостью и повышенными условиями эксплуатации.

Характеристики эффективности	Значение	
	Новая сталь типа 0Н6	Сталь типа 18%Cr / 10%Ni
Относительная материалоемкость	0,7	1,0
Стоимость тонны листового проката, тыс. руб.	<170 ⁽¹⁾	235 ⁽²⁾
Стоимость условной тонны металлоконструкций по основному металлу, тыс. руб.	~ 150 ⁽³⁾	~ 290
Объем сварочных работ	~ 0,4	1,0
Интегральный экономический эффект на условную тонну оборудования из 18/10, тыс. руб.	150-200 ⁽⁴⁾	0

(1) - на этапе освоения;

(2) - прокат из стали типа 18/10 производства ЕС;

(3) - без учета лучшего коэффициента использования материала;

(4) - экспертная оценка.

АО «НПО «ЦНИИТМАШ» совместно с АО «Уральская Сталь» разработали сквозную технологию промышленного производства толстолистного проката из новых экономнолегированных криогенных марок стали:

- Разработаны совместно со специализированными организациями требования к стали типа 0Н6.
- Разработаны СТО на поставку толстолистного проката из стали типа 0Н6.
- Выплавлены опытные плавки стали типа 0Н6.
- Прокатаны листы толщиной 20, 30, 50 мм.
- Определены оптимальные параметры термической обработки.
- В 2020 году проведены расширенные исследования качества толстолистного проката из стали типа 0Н6, в т.ч. совместно с ПАО «Криогенмаш»



Процесс промышленного производства толстолистного проката из стали типа 0Н6 на АО «Уральская Сталь»

и АО «НИИхиммаш» подготовлено Заключение. В соответствии с Заключением рекомендовано применение проката толщиной от 12 до 50 мм для изготовления криогенных аппаратов и резервуаров, эксплуатируемых при температурах до минус 196°С.

- В настоящее время готовится подача документов для получения разрешения органов Государственного надзора на использование нового материала для изготовления криогенной техники.
- Разработана технология рулонного армирования, позволяющая снизить трудозатраты на 20...60% при армировании фундаментных плит и плит перекрытий (в зависимости от конструктивных особенностей объектов).
- Создано муфтовое соединение, не требующее предварительной обработки концов арматурных стержней.

Преимуществами технологии для повышения эффективности бизнес-процесса являются прослеживаемость выполнения технологии армирования и внедрение цифровых технологий, а именно:

- сборка 80% арматуры в рулоны на станке с ЧПУ;
- использование передового ПО для 3D моделирования и расчета.



Муфтовое соединение, не требующее предварительной обработки концов арматурных стержней

Условия эксплуатации различных типов криогенных сталей

Сталь	Температура эксплуатации		
	-120...-100°С	-120...-150°С	-165...-196°С
3-3,5% Ni	ASTM A203Grade D, E; 0Н3		
5-7% Ni		ASTM A645/A645MGrade A,B; 0Н6(Б)	Новая экономнолегированная сталь типа 0Н6
9-10% Ni			ASTM A353/A333, 0Н9
18/10	AISI 304, 304L...; 08X18H10(T,B)		

E-mail: AAPonomarev@cniitmash.com
Тел.: +7 (495) 675-81-82

Услуги:

– Разработка и изготовление специального станочного оборудования как для выполнения операций механической обработки на эксплуатирующихся объектах в условиях монтажа и ремонта энергетического и нефтехимического оборудования, так и для уникальных операций – формирование узких пазов имитаторов трещин (Транснефть), разневоливание коллекторов (АЭС) и т.д.

– Проектирование и изготовление уникальных зубчатых передач и редукторов мощностью до 1000 кВт с зубчатыми колёсами диаметром до 1200 мм.

– Проектирование специальной оснастки для обработки ответственных изделий, используемых в атомной энергетике, гидроэнергетике и нефтехимии.



*Планетарная передача редуктора
углеразмольной мельницы*



*Обработка зубчатого венца \varnothing 1000 мм
с косым внутренним зубом*

E-mail: DNklauch@cniitmash.com
Тел.: +7 (495) 675-82-39

Услуги:

– Разработка новых технологических процессов, проектирование и изготовление специальных инструментов, устройств и технологической оснастки для механической обработки – глубокие отверстия, крупные резьбы, пазы, следящая обработка и др.

– Разработка технологий, обеспечивающих повышение прочностных свойств (усталостной прочности зубьев при изгибе, контактной выносливости).

– Проведение технического и технологического аудита предприятий.

– Разработка технических заданий на внедряемое оборудование.

– Подбор оборудования, разработка и внедрение передовых технологий для предприятий, отдельных производств, цехов и участков с целью совершенствования технологических производственных операций.

– Проектирование и изготовление необходимой оснастки.

– Подбор полной номенклатуры вспомогательного инструмента и оборудования для оснащения производства.



*Макет секции
защитного блока ИТЭР*



*Суппорт для новых
зубофрезерных
станков с ЧПУ*



Основные направления научно-технической деятельности:

- Технология механической обработки и сборки:
 - Разработка новых технологических процессов, проектирование и изготовление специальных инструментов, устройств и технологической оснастки для обработки глубоких отверстий, крупных резьб, пазов, следящей обработки и др.

- Разработка технологических процессов механической обработки уникальных изделий для различных отраслей промышленности, изготовление опытных образцов для проведения исследований.

- Разработка технологических процессов изготовления малогабаритных деталей ответственного назначения.

- Разработка технологии закрепления труб в трубных решетках и коллекторах теплообменного оборудования.

- Технологии производства материалов и изделий.

- Нормативно-технологическая документация: рассмотрение и согласование технологической документации на механическую обработку и сборку.

- Инжиниринг оборудования и производств:
 - Проектирование специальной оснастки и инструмента для обработки ответственных изделий, используемых в атомной энергетике, гидроэнергетике и нефтехимии.

- Разработка переносного оборудования для выполнения операций механической обработки в условиях монтажа и ремонта энергетического и нефтехимического оборудования.

- Проектирование и изготовление уникальных зубчатых передач и редукторов, включая:

- а) прямозубые, косозубые и шевронные цилиндрические зубчатые передачи внешнего и внутреннего зацепления для горнопроходческих комбайнов и шахтного оборудования, редукторов подъемных кранов АЭС, автосамосвалов “Komatsu” и др.;

- б) лезвийную обработку закаленных цилиндрических зубчатых колес;

- в) редукторы цилиндрические, планетарные, червячные (цилиндрические и глобоидные).

- Ремонт и восстановление деталей и изделий с разработкой конструкторской документации и технологией обработки.

- Проведение испытаний сред и инструмента:

- Испытания новых смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС: СОЖ и смазок).

- Исследование влияния СОТС на стойкость инструмента и качество обработанной поверхности.

- Рекомендации по рациональному использованию СОТС для конкретных условий заказчика.

- Поставка опытных образцов СОТС для промышленных испытаний.

- Опытное производство отдела позволяет

- а) осуществлять изготовление:

- специального инструмента и оснастки;

- опытных образцов и прототипов изделий;

- образцов для различных видов механических испытаний и неразрушающего контроля;

- деталей по чертежам заказчика, в том числе штучное и мелкосерийное производство изделий любой сложности;

- б) проводить аттестацию образцов шероховатости.

- Разработка и производство специального оборудования:

- оборудование для механической обработки;

- переносные установки для ремонта энергетического и нефтехимического оборудования;

- зубчатые передачи и редукторы;

- опытные образцы запорно-регулирующей аппаратуры.



Основные направления научно-технической деятельности:

- Разработка и согласование нормативно-технологической документации (технологических инструкций и процессов) на нагрев, ковку, штамповку, протяжку, прокатку, правку и др.
- Проведение аттестационных испытаний технологий обработки металлов давлением по ГОСТ Р 50.04.04-2018.
- Разработка технологий на обработку металлов давлением (ковка, штамповка и др.), изменение существующих технологических процессов с учетом современных требований и оборудования.
- Проведение компьютерного моделирования процессов деформации с целью выбора оптимальных термодинамических режимов.
- Исследование новых материалов и их качественных характеристик. Исследование микроструктуры стали, образующейся при термомеханической обработке.
- Проведение аудита предприятий, менеджмента качества при изготовлении продукции для атомной отрасли.
- Разработка рабочей конструкторской документации на технологическую оснастку (кузнечную, штамповочную), необходимую для реализации современных технологических процессов производства заготовок оборудования.
- Ковка и прокатка заготовок на заказ на базе кузнечного цеха с выбором рациональной схемы изготовления.

Ключевые достижения и разработки:

- Разработаны технологические процессыковки и штамповки крупногабаритных заготовок из особо тяжелых слитков массой до 420 т с использованием компьютерного моделирования.
- Созданы новые технологические процессы:ковки-штамповки моноблочных заготовок корпуса реактора ВВЭР-1200 (ТОИ); получения кованных заготовок роторов из хромистых сталей; штамповки сферических элементов, таких как корпус главного циркуляционного насоса ГЦНА-1391 (в составе ВВЭР-1200).
- Разработана и внедрена в условиях ПАО «ЗИО-Подольск» технология и штамповая оснастка для получения уникальных по размерам и массе штампованных заготовок секторов крыши корпуса реактора БН-800.
- Разработана усовершенствованная технология штамповки бесшовных колен главного циркуляционного трубопровода Ду850 (с угломгиба 90° и 39°) и колен корпуса ГЦН реакторной установки ВВЭР-1000(1200).
- Разработан комплексный технологический процесс изготовления заготовок немагнитных бандажных колец для мощных турбогенераторов.
- Разработана и внедрена ресурсосберегающая технология изготовления днищ парогенератора ПГВ-1000М методом секционнойковки-штамповки.
- Разработана и освоена технология штамповки патрубков Ду850 на патрубковых обечайках корпусов реакторов по проектам АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ.
- Разработана и внедрена технология штамповки полукорпусов запорной арматуры Ду1400 и Ду1200 для нефтегазовой отрасли.
- Создан банк данных по машиностроительным и энергетическим материалам и их свойствам. Выпускается справочная литература: «Марочник сталей и сплавов», «Свойства конструкционных материалов атомной промышленности», «Стали и сплавы энергетического оборудования».



Процессыковки и штамповки крупногабаритных заготовок



Штамповка заготовок секторов крыши корпуса реактора БН-800



Штамповка бесшовных колен главного циркуляционного трубопровода Ду850 с угломгиба 90°



Штамповка патрубков Ду850 на патрубковых обечайках корпусов реакторов АЭС-2006 и ВВЭР-ТОИ

Основные направления деятельности:

- разработка и изготовление аддитивного оборудования;
- изготовление изделий по технологии СЛП;
- услуги по изготовлению изделий по технологии СЛП.

Ключевые достижения и разработки:

Разработано и поставлено заказчикам оборудование для производства изделий из порошковых материалов методом послойного наращивания селективным лазерным плавлением серии MeltMaster, предназначенного для:

- мелкосерийного производства сложнопрофильных компактных изделий (MeltMaster^{3D}-160);
- прецизионного изготовления сложнопрофильных ответственных изделий / изделий медицинского назначения из порошковых материалов титана и его сплавов (MeltMaster^{3D}-250HT/M);
- изготовления крупногабаритных сложнопрофильных ответственных изделий с характерными размерами более 400 мм (MeltMaster^{3D}-550).



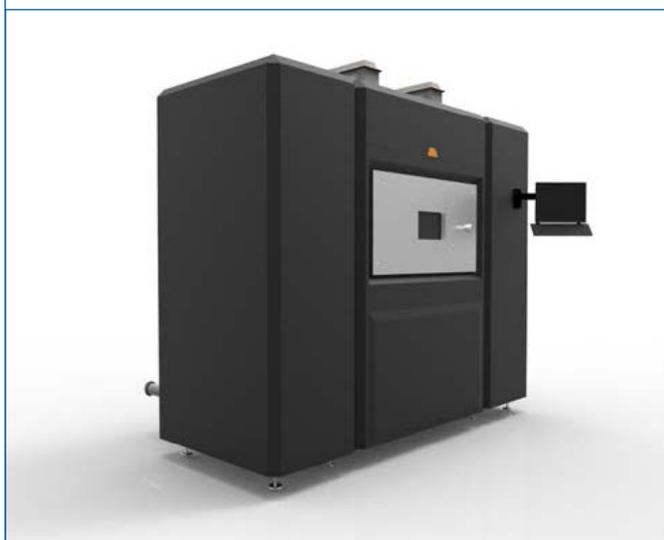
3D-принтер
MeltMaster^{3D}-160



3D-принтер MeltMaster^{3D}-250M



3D-принтер MeltMaster^{3D}-550



Рендеринг 3D-принтера MeltMaster^{3D}-250HT

Основные технические характеристики установок MeltMaster^{3D}

Наименование характеристики	Параметры характеристики	MeltMaster ^{3D} - 160	MeltMaster ^{3D} - 250HT	MeltMaster ^{3D} -250M	MeltMaster ^{3D} -550
Габаритные размеры установки	Длина × Ширина × Высота, в мм	1177 × 1685 × 1790	2765×1215×2300	2765×1215×2300	2940×2650×3200*
Максимальные габаритные размеры получаемых изделий	Размеры сложнопрофильных изделий (Д×Ш×В), в мм	150×150×150	240×240×240 90×90×140*	240×240×240 90×90×140*	550×450**×450 140×140×160***
Количество лазерно-оптических систем	Шт.	1 (2 опция)	2	2	1 (2 или 4 – опция)
Мощность ЛИ	Вт	200 (400)	400 (700)	400 (700)	1000 (400 или 700 – опция)
Диаметр фокусировки ЛИ	мкм	50-800	50-800	50-800	50-800
Производительность установки	Производительность, см ³ /ч	3 - 15	6 - 45	6 - 45	3-100
	Толщина слоя плавления, мкм	50÷100	20÷150	20÷150	20÷150
Потребление рабочего газа	во время работы, л/мин	3 л/мин при ≥ 700 ppm	3 л/мин при ≥ 700 ppm	3 л/мин при ≥ 700 ppm	6 л/мин при ≥ 700 ppm
	во время продувки, л/мин	100	100	100	100
Максимальная температура на платформе построения	°С	200±5 (опция)	500±5 (опция)	500±5 (опция)	200±5 (опция)

* – размеры с модулем 550×450×450;

** – не изменяемый параметр зоны построения;

*** – при использовании технологической вставки «Уменьшитель» (опция).

Отличительные особенности 3D-принтера

(опциональное дооснащение оборудования):

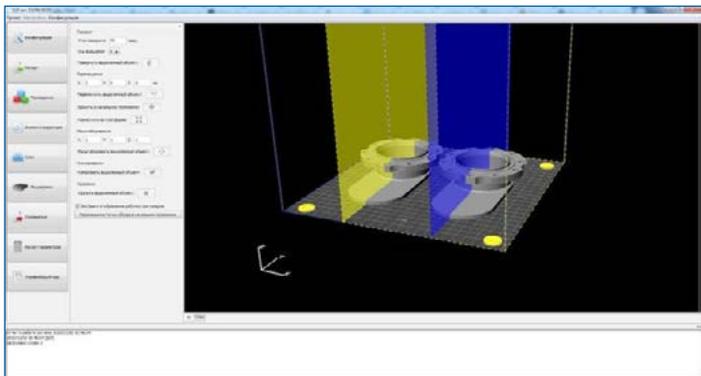
- применение мультилазерной системы сплавления;
- наличие подогрева камеры построения до высоких температур (500 °С);
- внедрение системы контроля качества нанесения порошкового слоя с разрешающей способностью 5 мкм;
- оснащение системой контроля температурных полей, выполненной на базе тепловизионного оборудования с возможностью отслеживания максимальных температур, скоростей охлаждения и дисперсии максимальных температур;
- наличие датчика контроля мощности лазерного излучения, установленного на выходе лазерно-оптической системы.

Разработано собственное программное обеспечение для 3D-печати СЛП

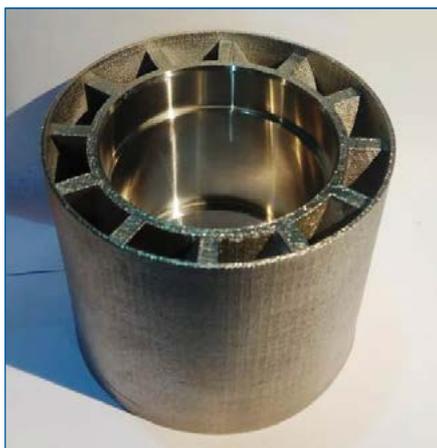
Создан пакет отечественного программного обеспечения для подготовки 3D-моделей к печати и управления аддитивным оборудованием, оснащённым мультилазерной оптической системой и системами контроля разного типа (контроль температуры жидкой ванны и всей области сплавления; контроль равномерности порошкового слоя; контроль мощности лазерного излучения и пр.).

В состав входит:

- программа подготовки 3D-моделей к печати;
- программа управления аддитивным оборудованием;
- программа контроля аддитивного процесса.



Пример изделий, полученных на установках серии MeltMaster



*Крыльчатка
(сталь 316L)*



*Элемент
тонкостенного корпуса
(изготовлен из стали 316L
и титана BT1-00)*



*Изделия
из титана BT1-00*

Основные направления деятельности:

- Разработка составов покрытий и технологии их нанесения методом ионно-плазменного напыления.
- Разработка и изготовление оборудования для реализации процессов напыления способом дугового испарения и магнетронного распыления.

Ключевые достижения и разработки:

В АО «НПО «ЦНИИТМАШ» разработана линейка установок NanoARC^{master} с отечественным программным обеспечением для нанесения покрытий высокого качества, позволяющих увеличить стойкость к износу подшипников скольжения, деталей машин и инструмента, а также жаростойкость лопаток газотурбинных установок и реактивных двигателей, увеличить стойкость к износу обрабатываемых поверхностей и, соответственно, продлить ресурс и срок их службы при разумных затратах на приобретение установки.

NanoARC^{master}650SP

Установка NanoARC^{master}650SP предназначена для нанесения покрытий на вкладыши подшипников скольжения двигателей внутреннего сгорания, а также жаростойких покрытий на лопатки газотурбинных установок и реактивных двигателей, антифрикционных покрытий на основе дисульфидов молибдена и вольфрама, а также других типов покрытий на детали машин и режущий инструмент методом магнетронного высокоскоростного распыления (рисунок 1).

NanoARC^{master}850

Установка NanoARC^{master}850 предназначена для вакуумно-дугового нанесения высокотвердых (TiN, AlTiN, TiAlN, CrN, CrC, TiCN и др.) защитных и триботехнических покрытий на режущий инструмент и детали машин, применяемые в машиностроении, энергомашиностроении, аэрокосмической и атом-



Рисунок 1. NanoARC^{master} 650SP



Рисунок 2. NanoARC^{master}850

Пример готовых изделий с защитным покрытием

Функции защитных покрытий:

- износостойкие для режущего инструмента;
- триботехнические для деталей машин;
- коррозионо- и эрозионностойкие;
- антифрикционные;
- жаростойкие;
- повышение ресурса и надежности работы.



ной отраслях. Высокотвердые покрытия предназначены для защиты тяжело нагруженных деталей машин, работающих в условиях интенсивного износа и циклически изменяющихся нагрузок, высоких температур и агрессивных сред (запорно-регулирующая арматура, пресс-формы для штамповки, лопатки авиационных и паровых турбин) и режущий инструмент (фрезы, сверла, зуборезный и обкаточный инструмент) (рисунок 2).

NanoARC^{master}900

Установка NanoARC^{master}900 предназначена для вакуумно-дугового нанесения высокотвердых (TiN, AlTiN, TiAlN, CrN, CrC, TiCN и др.) защитных и триботехнических покрытий на режущий инструмент и детали машин, применяемые в машиностроении, энергомашиностроении, аэрокосмической и атомной отраслях. Высокотвердые покрытия предна-

значены для защиты тяжело нагруженных деталей машин, работающих в условиях интенсивного износа и циклически изменяющихся нагрузок, высоких температур и агрессивных сред (запорно-регулирующая арматура, пресс-формы для штамповки, лопатки авиационных и паровых турбин) и режущий инструмент (фрезы, сверла, зуборезный и обкаточный инструмент) (рисунок 3).

NanoARC^{master}950R

Установка NanoARC^{master}950R предназначена для нанесения защитных и триботехнических покрытий, проведения исследований в области технологий ионного осаждения покрытий с использованием сбалансированных, разбалансированных и дуальных магнетронных распылительных систем, а также вакуумно-дуговых испарителей с управляемой и неуправляемой дугой (рисунок 4).



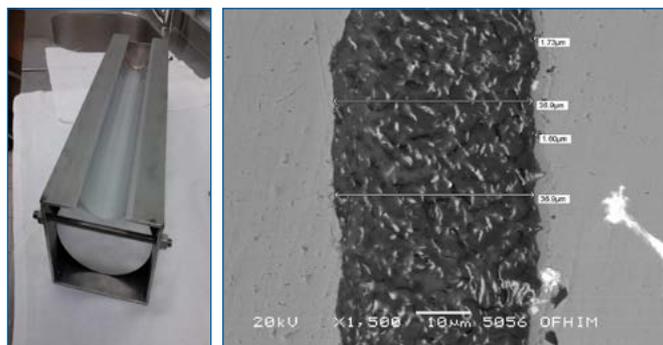
Рисунок 3. NanoARC^{master}900



Рисунок 4. NanoARC^{master}950R

Покрyтия для атомной отрасли:

- коррозионно- и эрозийностойкие нанослойные покрытия для материалов, контактирующих с водяными и жидкометаллическими теплоносителями АЭС;
- ТВЭЛы;
- корпусные детали топливных сборок;
- запорная арматура охлаждения реакторной установки;
- контейнеры для жидкометаллических электродов, используемых при переработке нитридного и металлического топлива.



Основные технические характеристики установок серии NanoARC^{master}

Наименование характеристики	Параметры характеристики	NanoARC ^{master} 650SP	NanoARC ^{master} 850	NanoARC ^{master} 900	NanoARC ^{master} 950R
Толщина наносимых покрытий	в мкм	До 50	До 20	До 50	До 20
Твердость наносимых покрытий	Н/мм ²	20000-38000	20000-38000	20000-38000	20000-38000
Внутренние размеры камеры	Д×Ш×В, мм	650×650×900	850×850×900	900×900×1100	950×950×600
Количество мультикатодных вакуумно-дуговых испарителей	Шт.	-	2-4	2-4	2-4
Количество торцевых вакуумно-дуговых источников в мультикатодном вакуумно-дуговом испарителе	Шт.		3	3	2
Суммарный ток мультикатодного испарителя	А	-	300-360	300-360	200-240
Размеры катода	Диаметр × толщина, мм	-	130×26	130×26	130×26
Количество магнетронов	Шт.	2-4	-	2-4	2-4
Размеры распыляемых мишеней	Д×Ш×В, мм	700×130×10	400×130×10	700×130×10	400×130×10
Мощность источника питания магнетрона	кВт	18	12	18	12
Ионный источник	Тип	-	УЗДЭ (устройство с замкнутым дрейфом электронов, Радикал)	УЗДЭ (устройство с замкнутым дрейфом электронов, Радикал)	УЗДЭ (устройство с замкнутым дрейфом электронов, Радикал)
Выходные рабочие характеристики источника питания ионного источника	В/А	-	2000/3	2000/3	2000/1
Источник питания смещения	В/А	1200/18	1200/30	1200/30	1200/10
Мощность нагревателей	кВт	24	18	12	12
Предельный вакуум	Па	1,33×10 ⁻³	1,33×10 ⁻³	1,33×10 ⁻³	1,33×10 ⁻³
Скорость откачки до предельного вакуума	мин	30	30	30	30
Количество каналов газонапуска	Шт.	2 (3)	3	3	3
Управление/ визуализация	вид	Автоматическое/ ЖК сенсорный монитор 19"	Автоматическое	Автоматическое	Автоматическое
Установочная мощность	кВт	90	85	70	70
Расход горячей/ холодной воды	л/мин	25/40	25/40	25/40	25/40
Сжатый воздух	МПа	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6	0,4-0,6

Основные направления научно-технической деятельности:

- Создание математического описания и развитие концепции сквозного моделирования, включая все этапы машиностроительного технологического процесса при производстве заготовок АЭУ, что является составной частью цифрового двойника жизненного цикла изделий ответственного машиностроения от подготовки шихтовых материалов до утилизации.
- Создание информационной модели машиностроительных предприятий. Сбор и обработка пер-

вичных данных по технологиям выплавки, внепечной обработки, разливки, термомеханического передела и термической обработки.

- Формирование на основе физико-статистического моделирования связанного описания технологического маршрута, возможность его анализа и корректировки в режиме реального времени с целью обеспечения производства изделия заданного качества и в конкурентных экономических показателях.

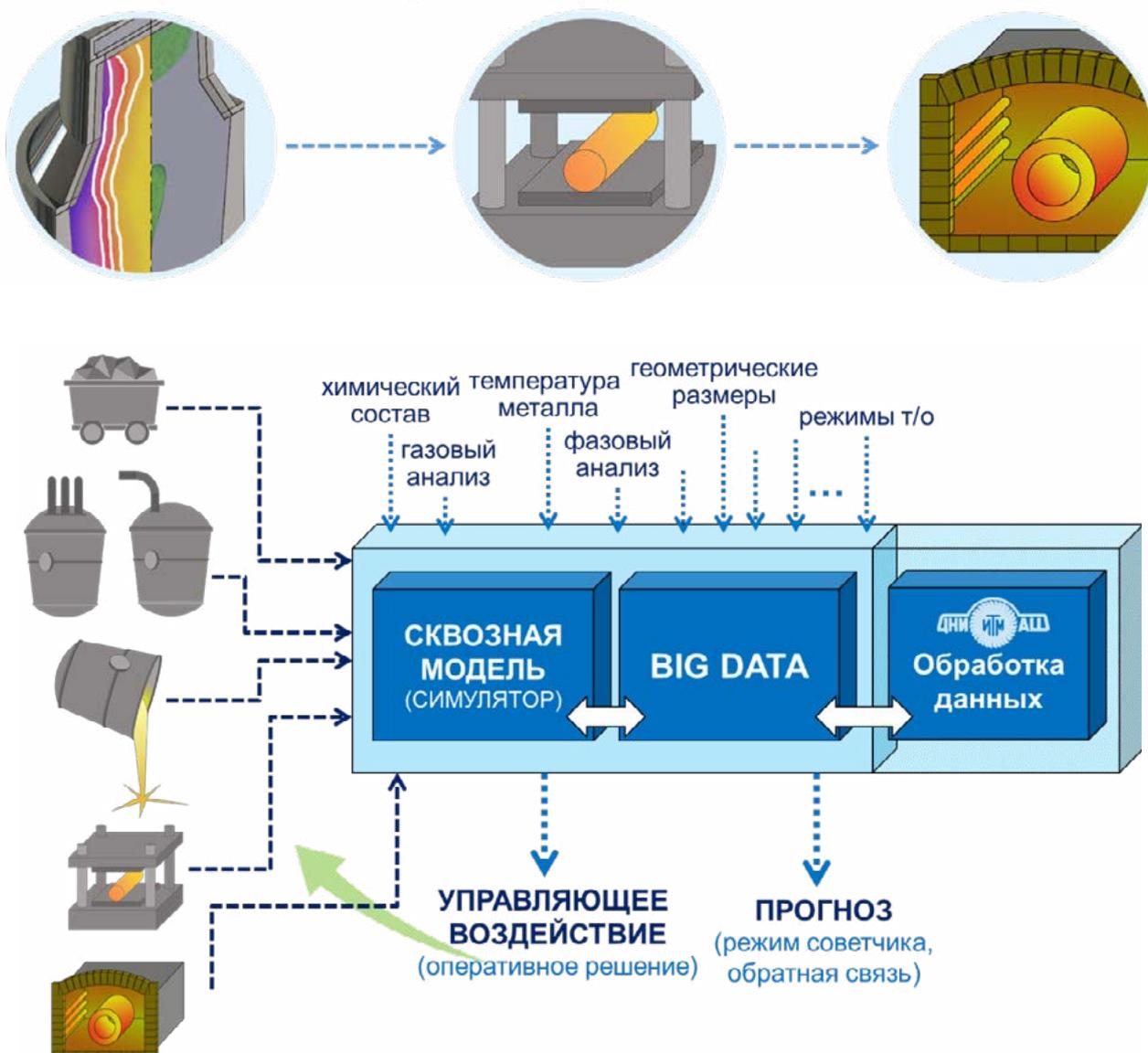
Ключевые достижения и разработки:

- разработаны программные продукты ведения плавки в ДСП и внепечной обработки;
- разработана архитектура программного продукта, при этом использован подход, реализующий распределенную систему управления, обладающую такими преимуществами, как повышенные быстро-

действие, надежность, устойчивость к сбоям, простота проектирования и др.

- разработаны модели расчета фазового состава сталей, расчета размеров аустенитного зерна и расчета (прогноза) механических свойств.

трансляция оптимизированной информации по технологической цепочке





ГНЦ РФ АО «НПО «ЦНИИТМАШ»

Институт металлургии и машиностроения

Россия, 115088, Москва, ул. Шарикоподшипниковская, д. 4

Телефон: +7 (495) 675-83-01, 675-83-02

Факс: +7 (495) 674-21-96

E-mail: cniitmash@cniitmash.com

www.cniitmash.com