



Научно-технический журнал

ЭЛЕКТРОМЕХАНИК

№1 | май 2014 | www.el-mech.ru

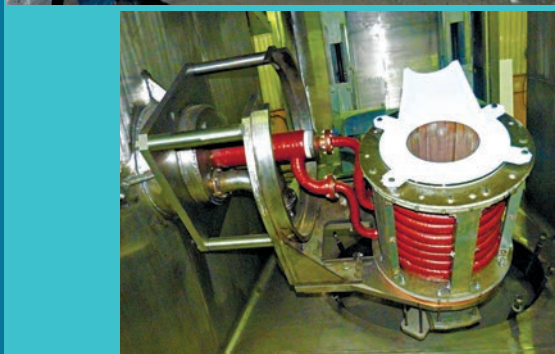
СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ: ОТ СЛИТКОВ ДО НАНОПОРОШКОВ



**ВАКУУМНОЕ
ИНДУКЦИОННОЕ
ОБОРУДОВАНИЕ**
для плавки
в холодном тигле



**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ
ЦЕНТРОБЕЖНОГО
РАСПЫЛЕНИЯ
ГРАНУЛ**





«75 ЛЕТ НА РЫНКЕ ИННОВАЦИЙ»

ПРИГЛАШАЕМ НА КОНФЕРЕНЦИЮ!

ОАО «Электромеханика» основано 19 августа 1939 года. Сегодня это динамично развивающееся универсальное машиностроительное предприятие Тверской области с численностью работающих более 700 человек и имеющее собственный научно-конструкторский центр.

ОАО «Электромеханика» - разработчик и производитель оборудования, построенного на современной элементной базе для реализации различных технологических операций, таких как высококачественная термообработка деталей и узлов самолета (отжиг, старение, закалка), проведение сварочных работ (электронно-лучевая сварка, аргоно-дуговая сварка, сварка в среде защитных газов), литье деталей в вакууме, нанесение защитных покрытий, получение металлических порошков (гранул) жаропрочных, титановых сплавов и высокореакционных металлов.

Мы предлагаем проектирование любой установки под конкретные требования Заказчика, в конструктивном исполнении под различные габаритные размеры обрабатываемых деталей.

22-23 мая 2014 г. в преддверии празднования 75-летия ОАО «Электромеханика» приглашает предприятия авиа- и судостроения принять участие в научно-технической конференции «Новое специализированное оборудование для современных технологических процессов», на которой Вы сможете познакомиться с направлениями деятельности нашей компании, а также узнать о современных достижениях ОАО «Электромеханика».

ТЕМЫ КОНФЕРЕНЦИИ

- Технологическое оборудование вакуумной индукционной плавки для получения изделий с направленной и монокристаллической структурой
- Вакуумные автоматизированные комплексы индукционной плавки с холодным тиглем для получения интерметаллидов интеллектуальных и тугоплавких сплавов
- Оборудование для электронно-лучевых технологий сварки, покрытий, а также получения монокристаллов тугоплавких материалов методом бестигельной зонной плавки
- Оборудование для получения гранул титана, титановых сплавов, интерметаллидов методом центробежного распыления
- Специализированное технологическое оборудование для нанесения покрытий.

Россия, 172386, Тверская обл., г. Ржев, Заводское ш., 2
 Телефон: +7 (48232) 2-06-06; Факс: +7 (48232) 2-32-09
 E-mail: info@el-mech.ru; www.el-mech.ru

По вопросам участия обращаться по телефону: + 7 (48232) 2-40-37;
 а также по e-mail: info@el-mech.ru

Уважаемые коллеги-читатели!

Вы держите в руках первый номер научно-технического журнала «Электромеханик».

Новый журнал выходит в свет в преддверии знаменательной для ОАО «Электромеханика» даты – 75-летия со дня образования нашего предприятия. Это большой исторический путь. А история нужна для того, чтобы понять, откуда мы пришли и куда стремимся, какие традиции и опыт нужно сохранить и передать будущим поколениям, а от чего стоит отказаться.

Издание подобного научно-технического журнала является для нас событием знаковым: наше предприятие со славной историей сегодня успешно развивается, и как разработчик и производитель уникального технологического оборудования, и как научно-производственный комплекс.

В номере, который вы держите в руках, вашему вниманию предложены статьи, отражающие профиль нашего предприятия, результаты совместной деятельности с партнёрами в научной и производственной сферах, передовые достижения в областях сварки, литья, нанесения специальных покрытий, порошковой металлургии, получения современных материалов.

Надеемся, что первый и последующие выпуски научно-технического журнала «Электромеханик» найдут своего читателя, привлекут новых авторов и представят новые разработки в широком спектре, на различном эмпирическом и теоретическом материале.



Сергей Юрьевич КУЗНЕЦОВ,
председатель Совета директоров
ОАО «Электромеханика»,
кандидат технических наук

СОДЕРЖАНИЕ

ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА	2
ОАО «Электромеханика»: от задач – к опыту, от опыта – к традициям	
ТЕМА НОМЕРА	5
Специализированная технологическая установка для получения гранул жаропрочных и титановых сплавов методом центробежного распыления	
НОВОСТИ ОТРАСЛИ	9
НА СВОЕМ МЕСТЕ	10
Наладчик Валерий Смирнов	
НАШИ ПАРТНЕРЫ	11
Оборудование ОАО «Электромеханика», применяемое в сварочном производстве ОАО «НПО Сатурн»	
ТЕХНОЛОГИИ	15
Вакуумные литейные установки для фасонного литья изделий из титана и других тугоплавких металлов	
ПРЕЗЕНТАЦИЯ ОБОРУДОВАНИЯ	19
Универсальная установка типа «ВИП НК ПМ» для получения изделий с различной структурой	
ТЕХНОЛОГИИ	23
Автоматизированный комплекс «ВАК». Новые технологические возможности индукционной плавки в холодном тигле	
НАУКА	27
Фазовые превращения в магнитоупорядоченных сплавах с эффектом памяти формы	
СОТРУДНИЧЕСТВО	31
По принципу «тройной спирали». Опыт создания технопарковых структур	
ЭКОНОМИКА	35
Преимущества лизинга спецоборудования для авиационной промышленности	

«Электромеханик»

Научно-технический журнал
№ 1
Май 2014

Редакционная коллегия:

Светлана АРТЕМЬЕВА
(главный редактор)
Андрей КОНСТАНТИНОВ
(составление, консультация)

Дизайн: Ольга СОБОЛЕВА
Верстка: Светлана РОМАНОВА

Перепечатка материалов возможна только по согласованию с редакцией

Тираж 500 экземпляров
Отпечатано в ООО «Тверская фабрика печати»
Тверь, Беляковский пер., 46

Открытое акционерное общество
«Электромеханика»
172386, Россия,
г. Ржев, Тверская обл.
Заводское шоссе, 2
Тел.:
(48232) 6-57-40,
(48232) 2-29-50,
(48232) 2-06-06
Тел./факс:
(48232) 2-03-92,
(48232) 2-40-37
www.el-mech.ru
e-mail:
info@el-mech.ru



Виктор КОНСТАНТИНОВ, генеральный директор

ОАО «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА»: ОТ ЗАДАЧ – К ОПЫТУ, ОТ ОПЫТА – К ТРАДИЦИЯМ

шиностроительный завод, предприятие «Техника» (г. Владимир) и производственное объединение «Электромеханика». В отличие от первых двух, занимающихся станкостроением, наше предприятие специализировалось на разработке разнопланового нестандартного оборудования.

За 75-летнюю историю на ОАО «Электромеханика» были созданы вакуумные установки для литья крупногабаритных изделий из жаропрочных и титановых сплавов; изготовлены станки для электрохимической, электроэрозионной обработки пера лопаток; выпущено оборудование для термической обработки деталей и узлов из титановых и алюминиевых сплавов; разработан комплекс оборудования для сварки в контролируемой атмосфере.

Сегодня ОАО «Электромеханика» - это уже не просто завод, а сложный научно-производственный комплекс. Как акционерное общество, он заинтересован в расширении сферы деятельности и приращении капитала, как высокотехноло-

обязан создавать приемлемые условия труда для коллектива и, кроме этого, обеспечивать социальные гарантии не только своим работникам, но и, оставаясь градообразующим, содействовать развитию Ржева и Тверского региона.

Сегодня предприятие не только сохранило научно-технический задел, созданный разработками собственного ОКБ, отраслевыми и академическими институтами, но и, опираясь на свои инженерные кадры, продолжает наращивать научно-технический потенциал. ОАО «Электромеханика» участвует в проектах «ОДК» по созданию авиационных двигателей поколения «четыре плюс» и двигателей пятого поколения, макетов и испытательных стендов по программе «Гиперзвук». Современное оборудование для производства деталей силовых агрегатов, изготовленное ОАО «Электромеханика» за последние годы, применяется на всех двигателестроительных гигантах Российской Федерации – это ФГУП «НПЦ газотурбостроения «Салют» (Москва), ОАО «УМПО» (Уфа), ОАО «НПО «Сатурн» (Рыбинск), ОАО «ПМЗ» (Пермь).

Имидж ОАО «Электромеханика» в сложные 90-е годы начал формироваться на фундаменте предприятия, которое в разное время именовалось как «Почтовый ящик – 80», РПКО «Электромеханика». Название менялось неоднократно, но направление, заданное в системе госзаказа профильными министерствами, сохранялось. Заводу была поставлена цель: создавать качественное и прогрессивное оборудование для реализации технологических процессов в авиационной промышленности и оборонном комплексе страны в целом, в который при СССР входило девять министерств. Предприятие обеспечивало создание специализированного оборудования для удовлетворения потребности ведущих отраслей промышленности в выполнении тех или иных технологических процессов.

В период перестройки задачи диверсификации не ставилось, поскольку принцип выживания предприятия в изменяющихся экономических условиях был основан на сохранении научно-производственных направлений, заложенных главным техническим управлением министерства авиационной промышленности, в состав которого входили Савёловский ма-

Сегодня ОАО «Электромеханика» – это уже не просто завод, а сложный научно-производственный комплекс

гичное предприятие – призван пристально отслеживать направления развития новых технологий и усовершенствования существующих, чтобы оставаться конкурентоспособным и вовремя реагировать на запросы авиационной и космической отраслей, как крупный работодатель –

Воплощение в жизнь проекта нового семейства Российского регионального самолёта (RRJ), с которым связывают развитие отечественной гражданской авиации, потребовало от специалистов ОАО «Электромеханика» в кратчайшие сроки разработать и изготовить уникальное

термическое оборудование для Филиала ОАО «Компания «Сухой» «КНААЗ им. Ю.А. Гагарина» (Комсомольск-на-Амуре), где изготавливаются крупногабаритные детали силового планера самолёта серии «Sukhoi Super Jet».

Для проекта Федерального агентства по атомной энергии «Создание комплекса по выпуску опытных партий функциональных и конструкционных наноматериалов и изделий на их основе для реализации ядерных энерготехнологий нового поко-

технологическую подготовку производства, организацию производства, изготовление продукции, пуско-наладочные работы, сервисное обслуживание. Главным требованием к новым технологиям для их интеграции в бизнес-процессы в соответствии с CALS-технологией является возможность управления оборудованием на базе электронной модели изделия, что позволило осуществить переход предприятия на новый технический, информационный и экономический уровень.

плуатации, использование современной базы комплектующих, разработка единых нормативных документов позволяют принимать оптимальные решения.

Разрабатываемое импортозамещающее технологическое оборудование ОАО «Электромеханика» предназначено для решения важнейших технологических задач: создание новых жаропрочных и коррозионностойких материалов, методов их получения с целью формирования стабильной структуры, фазового состава и улучшения физико-химических свойств лопаток газотурбинных двигателей; расширение промышленного использования электронно-лучевой сварки (изготовление узлов газотурбинных двигателей, сосудов высокого давления, роторов паровых турбин, несущих конструкций сверхзвуковых самолетов); развитие электронно-лучевых технологий для пайки, термического упрочнения, локального отжига, наплавки, напыления, модифицирования поверхностей и узлов, послыного синтеза изделий; создание производства сферических гранул химически активных металлов (титан, цирконий, ниобий, тантал, сплавов на их основе, интерметаллидов); разработка технологий для нанесения защитных покрытий на поверхности изделий методами электронно-лучевого, плазменного, электродугового и магнетронного напыления.

Повышение боевой мощи авиации неразрывно связано с созданием и дальнейшим совершенствованием более эффективных в техническом и экономическом отношении газотурбинных двигателей. Решение данной задачи невозможно без создания современного вакуумного плавильного оборудования, обеспечивающего различные способы получения новых жаропрочных лопаток со стабильными структурой, фазовым составом и физико-химическими свойствами. Поэтому вся линейка выпускаемого предприятием оборудования для литейных цехов прошла глубокую модернизацию, основанную на многолетнем опыте эксплуатации и придании новых технологических возможностей. Разработанные нашим предприятием вакуумные индукционные установки «УППФ», «УВП», «ВИП-НК» позволяют получать отливки с различной структурой: равноосной, направленной или монокристаллической.



ления» нашим предприятием разработана вакуумная установка дугового переплава для получения слитков из сплавов-композитов типа Cu-Nb, Cu-V и других псевдо-сплавов методом сплавления расходо-электрода электрической дугой в глухонный кристаллизатор.

Большинство установок, выпускаемых ОАО «Электромеханика», представляют собой сложную технологическую систему, состоящую из металлоконструкций, вакуумной подсистемы, водяного охлаждения, системы автоматического управления. Важнейшей задачей предприятия является проектирование и изготовление установок на базе CALS-технологий (непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия), включающих конструкторские работы,

На сегодняшний день актуальной задачей является объединение нескольких предприятий машиностроительной промышленности для совместной работы в рамках общей программы по разработке и модернизации технологического оборудования на базе принципов CALS-технологии. Результаты такой работы ОАО «Электромеханика» с Филиалом ОАО «Компания «Сухой» «КНААЗ им. Ю.А. Гагарина» (Комсомольск на Амуре), ОАО «Корпорация «Иркут» (Иркутск), ОАО УМПО (Уфа), ФГУП «НПЦ газотурбостроения САЛЮТ» (Москва), ОАО НПО «САТУРН» (Рыбинск), ОАО «ПМЗ» (Пермь) показывают эффективность такого сотрудничества. Объединение информационных ресурсов всех участников проектно-производственного процесса, технологического опыта экс-

Более того, установки, построенные в соответствии с принципами унификации и модульности, позволяют, с одной стороны, обеспечить преимущества серийного производства, с другой стороны, оперативно адаптировать установку под требования конкретного заказчика.

В настоящее время медицинская, авиационная, космическая и судовая отрасли промышленности испытывают существенную нехватку перспективных материалов, таких как: сплавы с памятью формы, интерметаллические сплавы, титановые сплавы с высоким содержанием легирующих элементов. Поэтому изготовленные плавильные индукционные комплексы «ВАК-50» и «ВАК-100», оснащённые холодным тиглем, помогут решить задачу по получению отечественных сплавов: нитинола медицинского назначения, обладающего эффектом памяти; интерметаллидов на основе Ti-Al с добавлением Nb, Cr и других легирующих элементов; титановых сплавов типа BT-6, BT-35 и других.

Более 50 лет ОАО «Электромеханика» занимается созданием различных по технологическому назначению электронно-лучевых установок для многих отраслей промышленности. За этот период на предприятии было изготовлено более 450 единиц электронно-лучевого оборудования для реализации различных технологий. Создание целого ряда электронно-лучевого оборудования с последовательно увеличивающимися габаритами вакуумных камер позволило обеспечить возможность выбора оптимального решения для реализации конкретной технологической задачи.

В настоящее время перед авиастроением стоят задачи по освоению и изготовлению газотурбинных двигателей авиационной, наземной и морской тематики. В некоторых изделиях газотурбинных установок до 80% всех сварных соединений выполняется электронно-лучевой сваркой. Решение этих задач, связанных с повышением уровня существующих технологических процессов, освоением новых электронно-лучевых технологий, возможно на базе современного оборудования ОАО «Электромеханика», оснащённого высокоточными электро-механическими комплексами на базе ШВП, унифицированными высокопроизводительными вакуумными станциями,

многофункциональными энергетическими комплексами электронной пушки, современными компьютерными системами управления с функциями визуализации и документирования параметров технологического процесса.

В последнее время широкое распространение получили технологии послойного синтеза материалов с помощью лазерного и электронного луча, хорошо зарекомендовавшие себя при изготовлении деталей и узлов авиационной и аэрокосмической техники, а также медицинских инструментов. Разработанная на предприятии установка «СЭЛС-1» позволяет получать из гранул химически активных тугоплавких сплавов изделия сложной геометрической формы в автоматическом режиме на базе компьютерных объёмных геометрических моделей.

Значение гранульной металлургии в настоящее время трудно переоценить. На современном этапе большое внимание уделяется задаче получения гранул тугоплавких металлов и сплавов (титан, цирконий, ниобий, молибден, тантал, сплавы на их основе, интерметаллиды). В прикладном плане это важно для получения гранульных композитов, послойного синтеза изделий с помощью электронного луча, нанесения защитных покрытий, изготовления катодов и припоев, создания новых композиционных материалов. Изначально ОАО «Электромеханика» активно участвовало в изготовлении базового оборудования типа «УЦР» для реализации технологии центробежного плазменного распыления вращающегося электрода с целью получения гранул из жаропрочных никелевых сплавов. Сегодня в цехе заканчивается изготовление установки нового поколения для получения гранул тугоплавких сплавов «УЦРТ-9», которая содержит новые конструктивные решения для управления процессом кристаллизации частиц во время полёта, мощный усовершенствованный плазматрон, компьютерную систему управления, позволяющую вести процесс в автоматическом режиме.

Существующие на сегодняшний день технологические решения для увеличения прочности, твёрдости, износостойкости, теплостойкости изделий (напыление, наплавка защитных покрытий) обеспечивают увеличение длительного цикла

эксплуатации. Для реализации данного подхода предприятие предлагает большой ряд установок для реализации технологий ионно-плазменного, магнетронного, электронно-лучевого напыления. Оборудование обеспечивает нанесение: металлических и керамических порошковых материалов, а также материалов в виде проволоки на поверхности деталей и сборочных единиц методом плазменного напыления; светоотражающих, защитных, энергосберегающих покрытий на стекло; защитных, жаростойких, эрозионно-стойких, износостойких и других видов покрытий на изделия плазменным способом в вакууме, нанесения жаропрочных припоев на поверхности паяемых изделий, ремонта деталей с повторным нанесением покрытий; энергосберегающих покрытий, обеспечивающих прохождение в помещении коротковолнового солнечного излучения и препятствующих выходу из помещения длинноволнового теплового излучения.

Таким образом, новое специализированное оборудование ОАО «Электромеханика» обеспечивает исключение влияния субъективных факторов на технологический процесс посредством закрепления отлаженного нормативного процесса в управляющей программе и возможности блокировки несанкционированного изменения программы, высокую стабильность технологических параметров и точность механических перемещений, высокий уровень комфортности работы оператора за счет интегрирования на рабочем месте органов управления, а также ремонтпригодность за счет автоматического диагностирования и тестирования оборудования средствами компьютерной системы управления.

Созданное на современном этапе сложное отечественное технологическое оборудование позволяет исключить постоянный контроль и зависимость от иностранных компаний (в настоящее время наукоемкое оборудование изготавливается в Германии, Франции, США, Украине) на протяжении всего жизненного цикла существования установки (эксплуатация, сервисное обслуживание, замена комплектующих и др.). Оборудование ОАО «Электромеханика» соответствует лучшим зарубежным образцам, а по ряду характеристик превосходит их.

КУЛЬНЕВ А.В., начальник сектора специализированного оборудования научно-конструкторского центра ОАО «Электромеханика»
КОНСТАНТИНОВ В.В., к.т.н., генеральный директор ОАО «Электромеханика»
ДЬЯКОВ В.В., технический директор ОАО «Электромеханика»
КУЗНЕЦОВ С.Ю., к.т.н., председатель Совета директоров ОАО «Электромеханика»

СПЕЦИАЛИЗИРОВАННАЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА

для получения гранул жаропрочных и титановых сплавов методом центробежного распыления

Для разработки новых композиционных материалов, нанесения защитных покрытий, изготовления катодов и припоев необходимо технологическое оборудование, обеспечивающее получение сферических гранул химически активных металлов и сплавов.

В промышленном производстве используются следующие способы, обеспечивающие получение материала в форме гранул: центробежное распыление расходуемой заготовки, центробежное распыление с вращающимся тиглем, газоструйное распыление, распыление растворенным водородом, центробежное распыление с электронно-лучевым нагревом.

В СССР наибольший вклад в развитие гранульной металлургии внес Всесоюзный институт легких сплавов (ВИЛС), где была создана технология центробежного распыления с горизонтальным расположением распыляемого электрода. Оборудование для реализации данной технологии с целью получения гранул жаропрочных никелевых сплавов, установки типа «УЦР», на протяжении многих лет выпускало ОАО «Электромеханика» (г. Ржев).

УСТАНОВКА «УЦР-6» ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРАНУЛ

Установку «УЦР-6», предназначенную для получения металлических порошков (гранул) жаропрочных и титановых сплавов методом центробежного распыления заготовок в среде инертных газов, можно рассматривать как базовую для отработки новых технологий и производства высококачественных сферических гранул. Исходным материалом для получения гранул служат литые цилиндрические заготовки диаметром 60÷80 мм и длиной 700 мм. Получение металлических порошков жаропрочных и титановых сплавов осуществляется методом центробежного распыления расплава с торца прутковой заготовки, оплавленной плазменной дугой, в среде инертных газов.

При проектировании установки «УЦР-6» учитывался многолетний опыт эксплуатации аналогичного оборудования, был реализован целый ряд новых конструкторских решений, позволивших существенно расширить технологические возможности:

- широкий диапазон вращения заготовки, обеспечивающий регулируемую частоту вращения до 23000 об/мин;
- увеличенная мощность плазматрона;
- широкий диапазон механизма подачи заготовки

Установка «УЦР-6», общий вид которой представлен на рис. 1, включает в себя следующие основные узлы: плавильную камеру, блок приводов, плазматрон, газовую и вакуумную систему, систему управления.

Процесс получения порошков ведется в следующей последовательности. Партия специально подготовленных электродов загружается в накопитель электродов, которые устанавливаются в загрузочное устройство. Из загрузочного устройства электроды поочередно через разделитель электродов подаются на барабаны и горизонтально перемещаются специальным электромеханическим приводом. Вращающийся электрод подается в плавильную камеру, где нагревается до температуры плавления специальным плазменным источником нагрева. Капли расплава, оторвавшись от вращающейся заготовки, перемещаясь в инертной среде, образуют частицы металла – мельчайший порошок, который из плавильной камеры перемещается в приемный бункер.



Рис. 1. Общий вид установки «УЦР-6»

ПЛАВИЛЬНАЯ КАМЕРА

Плавильная камера представляет собой горизонтально расположенный цилиндр диаметром 2000 мм и длиной 280 мм. Камера выполнена из нержавеющей стали с рубашкой охлаждения. К торцам цилиндра приварены фланцы для сопряжения с крышкой. На крышке установлен узел горения дуги с механизмом переме-

щения плазматрона. С другой стороны плавильной камеры крепится блок приводов, внутри которого установлены барабаны с электроприводом и механизмом передвижения заготовки.

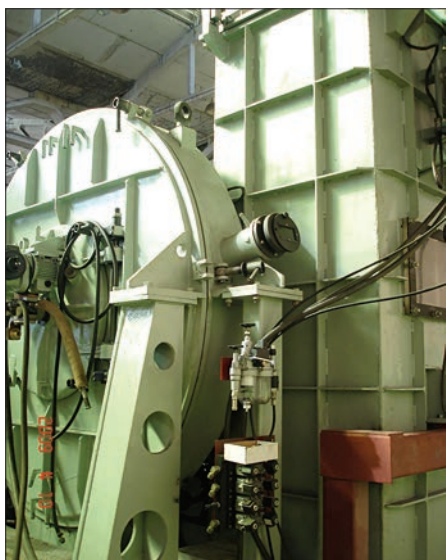


Рис. 2. Плавильная камера

Внутри плавильной камеры установлен экран для электрода, который защищает стенки плавильной камеры. К нижней части камеры подсоединяется механизм сбора огарков, опрокидыватель короба с огарками.

БЛОК ПРИВодОВ

Блок приводов включает в себе следующие составные части: камеру барабанов, приводы вращения барабанов и подачи заготовок, узел контроля температуры, вибрации, давления и положения прижимного ролика.

В камере барабанов устанавливается привод вращения заготовки, состоящий из барабанов и платформы. На платформе соосно с барабанами установлены два электрических шпинделя фирмы «ELTE», которые приводят во вращение барабан через муфты (рис. 3).



Рис. 3. Камера приводов

Вращение заготовки с максимальной скоростью 23000 об/мин выполнено на двух опорных вращающихся барабанах. Удержание вращающейся заготовки на барабанах осуществляется прижимным роликом специальной конструкции, гасящей вибрации. Форма и размеры гранул d во многом зависят от частоты вращения распыляемой заготовки и её свойств [1]:

$$d = (0.4/n) (\sigma/R\rho)^{0.5} \quad (1),$$

где

- n – частота вращения заготовки, мин⁻¹;
- σ – коэффициент поверхностного натяжения;
- ρ – плотность расплава, кг/м³;
- R – радиус распыления, м.

Коэффициент поверхностного натяжения капли σ , который равен работе, необходимой для увеличения поверхности жидкости на единицу площади при постоянной температуре. Коэффициент σ зависит от свойств частицы и охлаждаемой среды.

Частицы, получаемые на установке типа «УЦР-6», имеют усредненный фракционный состав менее 100 микрон, обладают практически идеальной сферической формой, гладкой поверхностью.

Внутри плавильной камеры установлен экран для электрода, который защищает стенки плавильной камеры. К нижней части камеры подсоединяется механизм сбора огарков, опрокидыватель короба с огарками.

Привод перемещения заготовки, реализованный на базе шарико-винтовой пары и сервопривода компании Мицубиси, обеспечивает:

- ▶ широкий диапазон изменения подачи от 0,5 мм/с до 1000 мм/с;
- ▶ значительное сокращение времени отвода электрода при его замене (большая производительность);
- ▶ максимальное усилие – 1910 Н.

ЗАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

К камере блока приводов установлено загрузочное устройство с механизмом подачи заготовок. Загрузочное устройство состоит из прямоугольной сварной камеры с открывающейся верхней крышкой (рис. 4). Крышка открывается двумя пневматическими цилиндрами. В

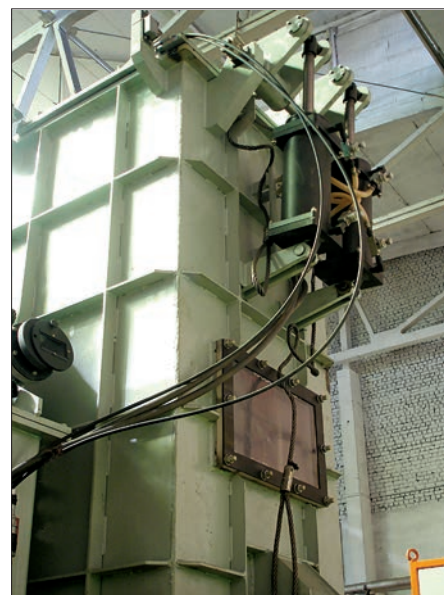


Рис. 4. Загрузочное устройство

камере имеется фланец для присоединения к камере узла барабанов, а также прямоугольное смотровое окно. В камере имеется траверса, перемещающаяся вверх-вниз с помощью привода, через две пары конических передач и винта. В камере имеются направляющие, предотвращающие перекося траверсы при движении.

На траверсе устанавливается накопитель электродов, на полках которого располагаются переплавляемые электроды. Всего в накопителе устанавливается до 70 электродов. Электроды удерживаются в накопителе шторкой, которая при опускании траверсы с накопителем должна останавливаться напротив приемного лотка, смонтированного в камере блока приводов.

ПЛАЗМАТРОН

Плазматрон обеспечивает формирование высокотемпературной струи мощностью до 160 кВт, необходимой для получения гранул требуемой дисперсности. Конструкция сопла обеспечивает отсутствие капель расплавленного металла на внутренней поверхности канала сопла и на торцевой поверхности катода.

Мощность дуги плазматрона оказывает влияние на время расплавления металла, сила тока дуги – на температуру металла в момент отрыва расплавленной капли, что отражается на фракционном составе распыленного порошка.

ГАЗОВАЯ СИСТЕМА

Газовая система предназначена для заполнения инертной средой полостей установки с целью охлаждения летящих капель, подачи в плазматрон плазмообразующего газа и газового охлаждения подшипниковых опор высокооборотных механизмов блока приводов.

Отвод тепла с поверхности летящей капли в вакуумном пространстве и осуществляется теплопередачей частицы с инертной средой и излучением, длина полёта частицы при этом не зависит от её размера и может составлять несколько метров. Более интенсивная теплопередача происходит при дополнительном конвективном охлаждении капли в потоке смеси инертных газов (аргон и гелий). В этом случае, длина полёта частицы, регулируемая расходом инертного газа и расположением распределителя охлаждающего газа в плавильной камере, существенно уменьшается.

В процессе затвердевания теплопередача путём принудительной конвекции примерно на два порядка превосходит потери тепла за счёт излучения. Важнейшими параметрами, влияющими на скорость охлаждения частицы, являются диаметр частицы, теплопроводность газа, разность температур между частицей и газом.

Скорость охлаждения частицы можно оценить по следующей формуле [1]:

$$dT/dt = (6K Nu / d^2 c_p \rho) (T_p - T_g) \quad (2),$$

где

- K – теплопроводность газа;
- Nu – число Нуссельта;
- d – диаметр частицы;
- c_p – теплоёмкость металла;
- ρ – плотность частицы;
- T_p, T_g – температуры газа и частицы соответственно.

В качестве газовой среды в установке «УЦР-6» используется смесь газов аргона и гелия. Процентный состав смеси определяется технологией и свойствами инертных газов:

► гелий имеет значительно большую теплопроводность, чем аргон, что обеспечивает наибольшие скорости охлаждения капель;

► аргон имеет меньший потенциал ионизации, чем гелий, что обеспечивает устойчивость дуговой разряда.

Влияние скорости охлаждения капель расплавленного металла на характеристики микроструктуры исследованы во многих работах [1, 3]. Скорость охлаждения капли зависит от вида теплоносителя, скорости движения теплоносителя относительно поверхности частицы, глубокого переохлаждения расплава внутри гранулы. Распыление при скорости охлаждения капель до 10^4 °К/с, как правило, приводит к формированию микроструктур кристаллических и тонких дендритных структур. При переохлаждении капли можно получить гранулы недендритной структуры [3].

ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА

Вакуумная система установки «УЦР-6» (рис. 5) обеспечивает глубокое обезгаживание внутренних полостей установки перед заполнением их смесью газов. Процесс откачки воздуха реализован одновременно из камеры распыления и блока приводов.



Рис. 5. Вакуумная система «УЦР-6»

Вакуумная система состоит из двух линий:

► низковакуумной, реализованной на базе пластинчато-роторного насоса «2НВР-5ДМ», ротационного агрегата «АВД-150/25»;

► высоковакуумной, реализованной на базе диффузионного паромасляного насоса «НД-400».

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ

Система управления (СУ) установки «УЦР-6», представленная на рис. 6, построена на базе промышленного компьютера (верхний уровень) и программируемого логического контроллера (ПЛК) Direct Logic компании PCL Direct by Koyo Inc (нижний уровень).

СУ интегрирует весь поток информации: организация интерфейса с оператором и технологом (терминальная задача); последовательно-параллельное управление механизмами вакуумной системы (логическая задача); программное управление процессом плавки (технологическая задача), вращение и перемещение электрода (геометрическая задача), идентификация состояния технологической системы (диагностическая задача), документирование технологического процесса (архивная задача), диспетчеризация приведённых выше задач (системная задача).

Контроллер выполняет все функции управления технологическим процессом, компьютер – терминальную и архивную задачи управления – ввод, редактирование, запись управляющих программ, визуализацию состояния элементов технологического оборудования, хранение файлов истории технологического процесса, диагностики и ошибок.

Система управления обеспечивает работу установки в нескольких режимах: «Наладка», «Ручное управление», «Автоматический».

В режиме «Наладка» управление механизмами установки осуществляется от мнемопанели пульта оператора. Режим реализован аппаратно, без контроллера, используется только при пуско-наладочных,

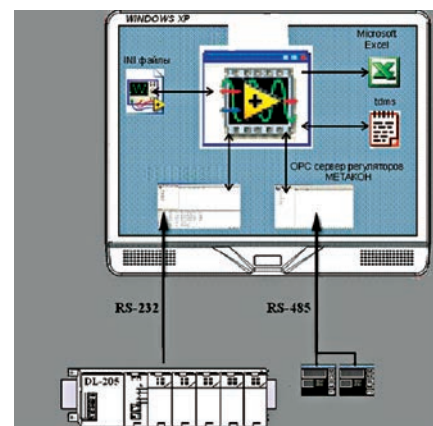


Рис. 6. Структурная схема системы управления «УЦР-6»

ремонтно-профилактических работах и внештатных ситуациях.

Режим «Ручное управление» реализован на базе контроллера и обеспечивает безопасную эксплуатацию установки с соблюдением всех блокировок. Режим обеспечивает завершение автоматизированного цикла в случае его сбоя.

Управление технологическим процессом в автоматическом режиме обеспечивает:

- ▶ пуск и торможение регулируемых приводов вращения барабана, подачу заготовки и перемещения плазматрона, регулирование и контроль их параметров во время работы;

- ▶ создание условий для точной синхронизации вращения барабанов;

- ▶ поддержание зазора между плазматроном и заготовкой;

- ▶ контроль основных параметров плазматрона, вращения барабана, подачи заготовки, длины огарка.

Автоматизированное рабочее место оператора реализовано на базе промышленного компьютера, программное обеспечение которого обеспечивает:

- ▶ отображение состояния основных элементов установки;

- ▶ автоматическое формирование базы данных;

- ▶ контроль состояния узлов и механизмов установки;

- ▶ диагностику отказов.

Для визуального наблюдения за состоянием механизмов вакуумной схемы и значениями контролируемых параметров используется мнемосхема установки, на которой отображается динамика процесса получения гранул. Интерфейс оператора содержит основное (базовое) окно, на котором выделено несколько областей: клавиатура вспомогательных экранов, состояние насосов, значения тока и напряжения источника питания плазматрона, параметров вращения и перемещения заготовки, расход инертных газов, температура подшипников.

СУ обеспечивает перевод установки в безопасное состояние при возникновении внештатных ситуаций. При возникновении ошибки на мониторе компьютера появляется окно, в котором отображается код ошибки, описание ошибки, рекомендации оператору.

АНАЛИЗ ГРАНУЛ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ВТ-6

Процесс получения гранул методом центробежного распыления состоит из следующих последовательных стадий:

- ▶ плавление торца вращающейся заготовки;

- ▶ формирование жидкой капли на торце заготовки;

- ▶ конвективное охлаждение капель в потоке смеси инертных газов (аргон и гелий);

- ▶ кристаллизация расплавленных капель.

Сферические гранулы сплава ВТ-6, полученные в результате центробежного распыления на установке типа «УЦР» при частоте вращения заготовки более 20000 об/мин, показаны на рис. 8 (а и б).

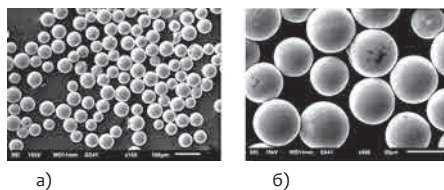


Рис. 8. Гранулы, полученные методом распыления вращающейся заготовки (изображение б дано в увеличенном масштабе)

На рис. 8 видно, что основная масса гранул правильной сферической формы.

Кристаллизация расплава с высокой скоростью ($10^4 \dots 10^6 \text{ }^\circ\text{C/c}$) позволяет устранить такие явления, как возникновение

газовых примесей (кислород, азот, водород), высокую плотность укладки и качество гранул, полученных методом вращающейся заготовки.

Формула (1) позволяет определять параметры процесса распыления в зависимости от заданной крупности гранул. Увеличение скорости вращения заготовки приводит к уменьшению размеров зерна.

Для анализа морфологии гранул выполнено компьютерное выравнивание (рис. 10 б) гранул, представленных на рис. 10 а.

Изображение сферических гранул ВТ-6, полученных путем центробежного распыления заготовки плазмой при частоте вращения более 20 000 об/мин, приведено на рис. 11. Определение диаметра

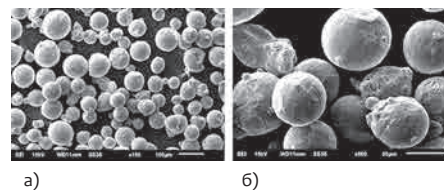


Рис. 9. Гранулы, полученные методом распыления вращающейся заготовки (изображение б дано в увеличенном масштабе)

гранул проводилось на микроскопе ZUGO New View 7300.

Оснащение установки современной компьютерной системой управления, позволило:

Диаметр гранул колеблется в диапазоне 30-50 мкм, что на сегодняшний день является достаточным для технологий послойного синтеза изделий и нанесения защитных покрытий

пор. В отличие от гранул, полученных методом газового распыления, изображение которых представлено на рис. 9 (а и б), следует также отметить низкое содержа-

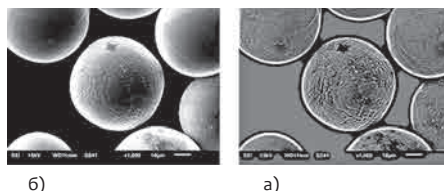


Рис. 10. Компьютерное выравнивание изображения гранул ВТ-6

- ▶ обеспечить высокую стабильность поддержания технологических параметров в ходе процесса;

- ▶ повысить комфортность условий работы оператора за счет интегрирования на рабочем месте органов управления;

- ▶ улучшить ремонтпригодность за счет автоматического диагностирования и тестирования оборудования средствами контроллера и компьютера.

- ▶ повысить качество управления.



Гвардейский ракетный крейсер «Москва»

НПО «САТУРН» ОБЕСПЕЧИТ РОССИЙСКИЕ КОРАБЛИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Рыбинское НПО «Сатурн» получило заказ на изготовление газотурбинных установок для кораблей военно-морского флота России. Об этом на Международном форуме по двигателестроению сообщил генконструктор предприятия Юрий Шмотин, передала 16 апреля 2014 года пресс-служба компании Ростех.

Речь идет о турбинных установках М70 и М75. Эти двигатели предназначены как для кораблей военно-морского флота, так и для гражданских судов, морских и приморских нефтегазовых объектов.

Совместно с питерскими конструкторскими бюро «Северная верфь» и «Алмаз» была проведена серьезная работа и сформированы технические требования по адаптации двигателей производства НПО «Сатурн» для установки на корабли ВМФ России.

Юрий Шмотин уточнил, что с КБ «Алмаз» идет активная работа по двигателям для десантных кораблей на воздушной подушке, продвигаются работы и по другим направлениям.

До настоящего момента газотурбинные двигатели для кораблей российского флота серийно производились только на территории Украины.

Для справки: Научно-производственное объединение «Сатурн» – двигателестроительная компания, специализируется на разработке, производстве и послепродажном обслуживании газотурбинных двигателей для военной и гражданской авиации, кораблей Военно-морского флота, энергогенерирующих и газоперекачивающих установок. Входит в состав «Объединенной двигателестроительной корпорации».



ОАК ПОСТАВИТ ВВС РОССИИ 31 «ЛЕТАЮЩИЙ ТАНКЕР»

Объединенная авиастроительная корпорация планирует в четвертом квартале 2014 года подписать контракт на поставку для ВВС России 31 самолета-заправщика на базе военно-транспортного самолета Ил-476 (Ил-76МД – 90А; «изделие 476»), сообщает ИТАР-ТАСС. О планируемом контракте на Международном форуме двигателестроения (МФД – 2014) объявила заместитель генерального директора компании «ОАК – Транспортные самолеты» (ОАК-ТС) Ольга Федонюк.

«В четвертом квартале надеемся подписать с Минобороны контракт на 31 топливозаправщик и, значит, на 62 двигателя ПС – 90А – 76», – сказала Федонюк. Четырехмоторные самолеты Ил-76МД – 90А, известные также как «изделие 476», оснащаются двигателями ПС – 90А – 76 пермского производства; такие же двигатели будут устанавливаться и на машины, созданные на основе этих транспортников, включая заправщик Ил – 78МК – 90 и перспективный самолет дальнего радиолокационного обнаружения и управления (ДРЛОиУ) А – 100.

На сегодняшний день ВВС России располагают 20 «летающими танкерами», в том числе восемь Ил-78 и 13 Ил-78М, построенными в 1980-х годах. Ресурс Ил-78 с учетом планируемой модернизации позволит эксплуатировать их примерно до середины 2020-х годов, а Ил – 78М – на 10-15 лет дольше. С учетом поставок новых Ил-78МК – 90, общая численность парка летающих танкеров к началу 2020-х годов может превысить 50 машин.

Источник: lenta.ru



РАЗРАБОТКА ПАК ДА И РЕМОНТ СТРАТЕГИЧЕСКИХ БОМБАРДИРОВЩИКОВ ВВС РФ БУДУТ ПРИОРИТЕТОМ ДЛЯ «ТУПОЛЕВА» И КАПО ИМЕНИ ГОРБУНОВА

Перспективный авиационный комплекс дальней авиации (ПАК ДА) – российский стратегический бомбардировщик нового поколения, разрабатываемый компанией «Туполев». Это будет принципиально новый летательный аппарат, созданный на принципиально новых решениях. В августе 2009 г. началось проведение НИОКР по созданию ПАК ДА. В 2012 г. начались опытно-конструкторские работы по этому проекту. Главком ВВС РФ генерал-лейтенант Виктор Бондарев ранее заявлял о том, что в будущем ПАК ДА должен заменить стоящие на вооружении российских ВВС самолеты дальней авиации Ту-95 и Ту-160.

Разработка перспективного авиационного комплекса дальней авиации (ПАК ДА), а также ремонт и сервисное обслуживание стратегических бомбардировщиков Ту-160, Ту-22М3 и Ту-95МС станут основными приоритетами компании «Туполев» после объединения с Казанским авиационным производственным объединением (КАПО) им. Горбунова. Об этом сообщили в пресс-службе Объединенной авиастроительной корпорации (ОАК). «Реорганизация обществ проводится в рамках приведения предприятий ОАК к целевой бизнес-структуре по направлению «Специальная авиация». Основными приоритетами ОАО «Туполев» после объединения станут: изготовление воздушных судов на базе Ту-204/214 для государственных структур и коммерческих заказчиков, ремонт и сервисное обслуживание стратегических бомбардировщиков Ту-160, Ту-22М3 и Ту-95МС и реализация проекта разработки ПАК ДА», – сообщил представитель ОАК.

Первоисточник <http://arms-tass.ru/>

НАЛАДЧИК ВАЛЕРИЙ СМИРНОВ

Валерий Георгиевич родился и вырос в деревне Грешниково Ржевского района, в многодетной крестьянской семье. Кроме него, родители воспитывали еще четверых детей. Всем дали образование, привили любовь и честное отношение к труду.

После окончания восьмилетней школы Валерий поступил в Ржевский машиностроительный техникум. Практику проходил на заводе АТЭ-3, на участке новой техники после получения диплома там же отработал токарем около двух месяцев, пока не призвали на военную службу. Служил в Подмосковье и по долгу службы имел дело с радиотехникой, что и определило его будущую судьбу.

После армии вернулся в Ржев. Некоторое время работал радиомехаником в войсковой части.

В апреле 1976 года Валерий Смирнов поступил на «Электромеханику», в цех № 8, который в городе знали как молодежный, выпускающий системы числового программного управления. Начав слесарем-электромонтажником 3 разряда, со временем он стал одним из самых квалифицированных и грамотных специалистов.

В 1993 году Смирнов был переведен регулировщиком радиоэлектронной аппаратуры. В то время у него уже был 8-й квалификационный разряд – такой имели только три человека в цехе. Первоначально регулировщики работали индивидуально, а в июле 1997 года была создана бригада, возглавить которую доверили ему...

За годы работы в цехе, а потом и в сборочном производстве, куда он был переведен в 1998 году, Валерий Георгиевич занимался наладкой всех систем ЧПУ. Это «Салют», «Н-2-2», «Курс-322», микрографы. Налаживал приборы, изготавливаемые 8-м цехом для «Тверьэнерго», такие сложные изделия, как «АРК», «АДСВ», «ВСВУ-400», «АРН», «ТПЧТ-250» и т.п.

С сентября 2001 года Смирнов – наладчик технологического оборудования, один из лучших на предприятии. Отлично знает технические характеристики, конструктивные особенности и принципы



работы сложного уникального оборудования с современными системами управления, способы корректировки технологических и тестовых программ, основные языки программирования. Выполняет ответственные, повышенной сложности работы по монтажу, наладке, регулировке и сдает в эксплуатацию уникальное и экспериментальное оборудование, оснащенное промышленными компьютерами и многопрофильными логическими контроллерами. Это «УЦР-6» для получения сферических гранул методом центробежного распыления, «ЭЛУ-ПМ» для электронно-лучевой сварки, локальной термообработки и термоупрочнения поверхности, «АПН-250» для ионно-плазменного напыления защитных покрытий и лопаток газотурбинных двигателей...

Валерий Георгиевич является бригадиром лучшей на предприятии бригады из шести наладчиков технологического оборудования. Оборудование, запускаемое ею в эксплуатацию, решает технологические задачи создания авиационных двигателей пятого поколения производства нового семейства российского регионального самолета серии «Sukhoi Super Jet», получения уникальных материалов. Высокий профессиональный уровень позволяет Валерию Георгиевичу отрабатывать и обобщать техническую информацию, полученную при проведении пуско-наладочных работ и гарантийном обслуживании оборудования. Разработанные им рекомендации были использованы при модернизации установок для нанесения покрытий «АПН-250», сварки «СКПД-2000», термообработки «АРН» и при разработке конструкторской документации на установки для получения интерметаллидов с использованием холодного тигля «ВАК-50» и «ВАК-100».

Весьма обширна география поездок в различные командировки для запуска и

Как важно для каждого найти свое место в жизни, профессионально выполнять порученную работу и быть полезным людям! Валерия Смирнова, наладчика технологического оборудования сборочного производства ОАО «Электромеханика», с полным основанием можно назвать Человеком на своем месте. И все, что он имеет в жизни, не упало с неба, а было достигнуто упорным кропотливым трудом.

сдачи в эксплуатацию заказчику изготовленного предприятием оборудования. Много раз выезжал Смирнов за рубеж. В 2009 году вместе с другими специалистами завода был направлен в Индию, где на одном из предприятий индийской корпорации «HAL» запускались в эксплуатацию изготовленные «Электромеханикой» вакуумная плавильная дуговая установка «833-ДМ» и агрегат плазменного напыления «АПН-250».

Все, с кем приходилось говорить о Валерии Георгиевиче, единодушно указывают на одну и ту же черту его характера: спокойствие и удивительная уравновешенность. Он доброжелателен, всегда поможет своим богатым профессиональным опытом, охотно поделится знаниями с молодыми коллегами. Были у него и свои ученики, многие стали классными специалистами.

Интересы Смирнова не ограничиваются производством: он ведет общественную работу, активно участвует в работе заводской профсоюзной организации. За высокие производственные показатели, добросовестный труд Валерий Смирнов награжден почетными грамотами предприятия, Российского профсоюза трудящихся авиационной промышленности, отдела промышленности администрации Тверской области, главы города Ржева. В 1981 году Смирнову присвоено звание «Лучший слесарь-электромонтажник». Его портрет заносился на Доску Почета завода, имя внесено в заводскую Книгу Почета. Ему присвоено звание «Ветеран труда», а в честь 70-летия завода – «Почетный работник предприятия». И, наконец, самая высокая награда. Указом Президента России В.В. Путина № 186 от 31 марта 2014 года Валерию Георгиевичу Смирнову присвоено звание «Заслуженный машиностроитель РФ».

Галина ВИНОГРАДОВА

Г.И. ЛЫМАРЕВ, главный сварщик ОАО «НПО «Сатурн»
А.Н. ПОЛЯКОВ, главный сварщик ОАО «Сатурн – Газовые турбины»
С.Н. СМИРНОВ, начальник конструкторского бюро специального оборудования ОАО «Электромеханика»
Н.Н. ШЕПЫРЕВ, зам. главного конструктора ОАО «Электромеханика»

ОБОРУДОВАНИЕ ОАО «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА», применяемое в сварочном производстве ОАО «НПО Сатурн»

В настоящее время одним из основных процессов при изготовлении деталей и узлов ГТД является электронно-лучевая сварка (ЭЛС). Для эффективного решения задач по сварке деталей авиационных и наземных газотурбинных двигателей ОАО «Электромеханика» изготовило для НПО «Сатурн» автоматизированный многофункциональный комплекс электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ (рис. 1), удовлетворяющий требованиям современной электронно-лучевой технологии.

Внутрикамерное расположение электронных пушек в специальных отсеках, что увеличивает функциональные возможности установки, повышает ко-

эффициент использования рабочего пространства вакуумной камеры

► Наличие двух электронных пушек, расположенных диаметрально противоположно, даёт возможность одновременно выполнять сварку двумя пушками и позволяет уменьшить неравномерность усадки и искривления по оси сварного изделия, в два раза повысить производительность труда

► Наличие системы программного управления параметрами электронно-лучевой сварки (СУПЭЛС) позволяет выполнять сварку по заданной программе двумя энергоблоками одновременно

► Устройство защиты направляющих ходовых винтов электронной пушки



1



2



3

Рис. 1. Внешний вид комплекса электронно-лучевой сварки ЭЛУР-1АТ

Рис. 2. Внутрикамерное расположение электронных пушек

Рис. 3. Центральный пульт управления установкой ЭЛУР-1АТ

Технические характеристики ЭЛУР-1АТ

Объём вакуумной камеры, м ³	102
Масса свариваемых деталей, не более, кг	10000
Габариты обрабатываемой заготовки, мм	диаметр длина
	3200 1800
Максимальная длина продольного перемещения рабочего стола, координате X, мм	2500
Максимальная длина горизонтального перемещения электронной пушки, координата Y, мм	1000
Максимальная длина вертикального перемещения электронной пушки, координата Z, мм	1700
Скорость сварки, м/ч	10-120
Система числового программного управления УЧПУ-4СК-13, шт.	1
Количество энергокомплексов ЭЛА-60В, шт.	2
Система управления параметрами луча СУПЭЛ, шт.	1
число программно-управляемых параметров	4
число установочных параметров	8
Система наблюдения «Растр-5», шт.	2

от грата и напыления позволяет сохранить точностные характеристики электро-механического комплекса (ЭМК) и продлить срок его службы

► Использование в вакуумной системе двух инжекторных воздушоструйных насосов исключает неблагоприятный режим работы механических насосов (от 760 до 150 мм рт. ст.), значительно сокращая время откачки

► Высокий уровень автоматизации Автоматика обеспечивает:

► Последовательное включение различных систем установки (вакуумной



4



5



6



7



8

системы, электромеханического комплекса (ЭМК), энергоблоков электронных пушек, СУПЭЛС)

► Взаимодействие всех систем установки. Станочный комплекс обеспечивает позиционирование пушки относительно стыка.

► Контроль отдельных параметров каждой системы установки

Рис. 4. Устройство защиты направляющих ходовых винтов ЭП от граты и напыления

Рис. 5. Вакуумная система установки ЭЛУР-1АТ

Рис. 6. Барабан компрессора 5-10 ст. изделия ГТД-110 (свариваемая толщина до 28,0 мм).

Рис. 7. Цапфа-диск 4 ст. изделия ГТД-110 (свариваемая толщина 58,0 мм

Рис. 8. Сварные диски турбины изделия ГТД-110

► Блокировку работы установки в случае аварии или неправильном обращении оператором.

Интегрированная система управления установкой позволяет реализовать такие электронно-лучевые технологии, как сварка, локальный отжиг деталей и узлов.

Основные узлы, свариваемые на установке ЭЛУР-1АТ:

- крупногабаритные узлы и детали изд. ГТД-110
- ротора КВД и КНД изд. АЛ-55И и 117С;
- направляющие аппараты изд. SaM146 и Д-30КП «Бурлак»;
- локальная термообработка (ЛТО) роторов изд. АЛ-55И.

вертикальное, наклонное), применение развертки электронного луча.

Расширение производства энергетических газотурбинных установок (ГТУ) потребовало освоения новых технологий ЭЛС крупногабаритных деталей: барабанов компрессора, дисков турбины и корпусных деталей. Так, например, общая длина сварных швов, выполняемых ЭЛС только на деталях изделия ГТД-110, составляет около 2000 м.

1. Отработана и внедрена технология ЭЛС **роторных деталей компрессора** (рис. 6, 7) из жаропрочной стали мартенситного класса ЭП609-Ш, которая позволила получить минимальные припуски на длинные размеры.

Общая длина сварных швов, выполняемых ЭЛС только на деталях изделия ГТД-110, составляет около 2000 м

Специалистами отдела главного сварщика проведена большая работа по разработке и освоению новых технологических процессов изготовления деталей изделий авиационной и наземной тематики.

Отработка технологических процессов ЭЛС проводилась на образцах из материалов, аналогичных свариваемым деталям, с опробованием различных режимов и приемов сварки, с варьированием таких параметров, как ток сварки, ток фокусировки, скорость сварки, положение электронного луча (горизонтальное,

Отработанные на образцах режимы сварки позволили минимизировать образование в сварных швах срединных дефектов, характерных для стали ЭП609-Ш большой толщины.

2. Освоена ЭЛС **дисков турбины** (рис. 8) из никелевого сплава аустенитного класса А286 (Германия) – аналога российского материала ЭП674 (изделие ГТД-110).

Сплав А286 является ограниченно свариваемым материалом, сварка его возможна только методом ЭЛС. В результате проведения опытных работ установлены оптимальные режимы сварки, ко-



9



10



11



12

Рис. 9. Ротор изделия Д-049 (свариваемая толщина 16,0 мм)

Рис. 10. Ротор изделий ГТД-4РМ, ГТД-6/8РМ, ГТД-10РМ (свариваемая толщина (15,0-17,0) мм)

Рис. 11. Вал изделия М90ФР (свариваемая толщина 40,0 мм)

Рис. 12. Корпус компрессора изделия ГТД-110 (свариваемая толщина до 90,0 мм – переменное сечение)

Рис. 13. Корпус камеры сгорания изделия ГТД-110 (свариваемая толщина 24,0 мм)

Рис. 14. Кольцо сферическое ПУ и РС изделия 117 (толщина стенки 1,5 мм)

Рис. 15. Внешний вид ротора КНД авиационного двигателя (изделие 117)

Рис. 16. Ротор КВД авиационного двигателя (изделие АЛ-55И)

Рис. 17. Направляющий аппарат изделия SaM146

Рис. 18. Направляющий аппарат изделия Д-30КП «Бурлак»

торые позволили избежать образования дефектов в виде микротрещин по границам зерен в переходной зоне сварного шва и обеспечили качественную структуру сварного шва.

3. Освоена ЭЛС **роторов** изделия Д-049 (рис. 9) из материала ЭП866-Ш, изделий ГТД-4РМ, ГТД-6/8РМ, ГТД-10РМ (рис. 10) из материала ВЖ-136, вала изделия М90ФР (рис. 11) из материала ЭП609-Ш.

4. Освоена ЭЛС **корпусных деталей** компрессора (рис. 12, 13) из материала ЭП609-Ш большой толщины кольцевыми швами, с вваркой фланцев горизонтального разреза переменного сечения продольными швами.

Помимо освоения ЭЛС крупногабаритных деталей отработаны технологические процессы ЭЛС **тонкостенных деталей** (рис. 14) толщиной (1,5-2,0) мм для авиационных двигателей.

5. Отработана и внедрена технология ЭЛС окончательно обработанного **ротора КНД изделия 117** (рисунок 15) из титанового сплава ВТ 8-1 с формированием обратного валика с обратной стороны сварного шва и в «замок».

Режим сварки, отработанный на образцах из материала ВТ8-1, позволил получить бездефектные сварные швы с минимальной усадкой на шов и размерами литой зоны, удовлетворяющей требованиям технических условий.

6. Отработана и внедрена технология ЭЛС **моноколес ротора КВД изделия АЛ-55И** – диски изготовлены совместно с лопатками (рисунок 16) – из титанового сплава ВТ 8-1 с последующей локальной термообработкой (ЛТО) сварных швов электронным лучом.

Известно, что использование целносварных конструкций обеспечивает возможность дальнейшего повышения



13



14



15



16



17



18



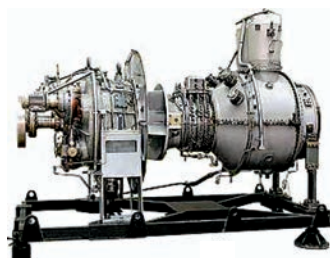
19а



19б



ГТД-110



М75РУ

21

качества, надежности и срока эксплуатации двигателя. При этом уменьшается масса конструкции, повышаются ее механические свойства, улучшается технологичность ее изготовления.

7. Примером создания цельносварной конструкции является **направляющий аппарат КНД** (рисунок 17, 18), изготовленный методом сварки лопаток в кольцо направляющего аппарата (авиационные двигатели Д-30КП-3 серия «Бурлак», SaM146).

Вварка лопаток производится методом ЭЛС по программе, которая обеспечивает вварку лопаток в кольца направляющих аппаратов по замкнутому контуру. Режим сварки обеспечивает получение на титановом сплаве толщиной 2,0 мм сварных швов шириной 3,0 мм с лицевой стороны (рисунок 19а), и качественный проплав с формированием стабильного

Рис. 19. Внешний вид сварных швов:
а – с лицевой стороны;
б – с обратной стороны
Рис. 20. Внешний вид установки ЭЛУ-20Р
Рис. 21. Номенклатура выпускаемых ГТД

обратного валика с обратной стороны сварки (рисунок 19б).

С целью разгрузки установки ЭЛУР-1АТ в ОАО «Электромеханика» было выдано техническое задание на создание установки, аналогичной по своим техническим возможностям установке ЭЛУР-1АТ, но с меньшей по габаритам вакуумной камерой. Главной целью ТЗ является возможность переноса с минимальной корректировкой технологических процессов и режимов ЭЛС, разработанных и внедренных на ЭЛУР-1АТ.

В 2008 г. в ОАО «Электромеханика» г. Ржев проведена модернизация установки электронно-лучевой сварки ЭЛУ-20Р (рис. 20), в процессе которой установка была оснащена:

1. Новой системой управления, реализованной на базе УЧПУ-CNC-110 фирмы Балтсистемс г. С-Петербург.
2. Новым электромеханическим комплексом, оснащенным приводами на ШВП, который позволяет выполнять перемещения поворотного стола и электронной пушки с высокой точностью.
3. Новой вакуумной системой, позволяющей откачивать рабочий вакуум 8×10^{-5} мм рт. ст. за 25 минут.
4. Новым энергоблоком ЭЛА-60, реализованным на новой элементной базе, – аналог энергоблоков ЭЛА-60В, установленных на ЭЛУР-1АТ.
5. Новой системой контроля и документирования процесса сварки, позволяющей каждую секунду получать и фиксировать информацию обо всех основных параметрах сварки с их последующей распечаткой для проведения анализа.
6. Телевизионной системой видеонаблюдения, которая позволяет контролировать точность настройки на свариваемый стык, процесс сварки, производить визуальный контроль качества сварного шва.



20

Основными узлами, свариваемыми на установке ЭЛУ-20Р:

- ▶ ротора КВД и КНД изд. АЛ-55И и 117С, ротора изделий наземной тематики
- ▶ направляющие аппараты изд. SaM146 и Д-30КП «Бурлак»

Оборудование для электронно-лучевой сварки, имеющееся на ОАО «НПО «Сатурн», дает возможность реализовать технологии сварки деталей из различных материалов с диапазоном толщин от 0,5 мм до 120 мм, что позволяет применять электронно-лучевую сварку при изготовлении газотурбинных двигателей авиационной и наземной тематики.

Технические характеристики ЭЛУ-20Р

Объем вакуумной камеры, м ³	16
Масса свариваемых деталей, не более, кг	1700
Габаритные размеры установки (max), мм	
длина	11500
ширина	5000
высота	4000
Габариты обрабатываемой заготовки, мм	
• кольцевые и торцевые швы с горизонтальной и вертикальной осью вращения	20-1700
длина	1500
• прямолинейные швы	
длина	2000
ширина	1500
высота	1200
Продольный ход не менее, мм	2500
Вертикальный ход не менее, мм	1000
Поперечный ход не менее, мм	1200
Скорость сварки, мм/с	0-40
Система числового программного управления, шт.	1
Количество энергокомплексов ЭЛА-60, шт.	1
Система управления параметрами луча, шт.	1
Система наблюдения, шт.	1

КЛЁПОВ Д.В., заместитель технического директора ОАО «Электромеханика»

ГЕНЧЕНКОВ С.В., заместитель главного конструктора

ОАО «Электромеханика»

ДЬЯКОВ В.В., технический директор ОАО «Электромеханика»

КОНСТАНТИНОВ В.В., к.т.н., генеральный директор ОАО «Электромеханика»

ВАКУУМНЫЕ ЛИТЕЙНЫЕ УСТАНОВКИ

для фасонного литья
изделий из титана
и других тугоплавких
металлов



Для современного машиностроения характерно всё более широкое применение элементов конструкций из тугоплавких металлов, изготовленных методом фасонного литья в плавильных установках, в частности, вакуумных дуговых печах. Повышающиеся требования к качеству выплавляемого металла, его механическим свойствам, снижению энергоёмкости плавки, безопасности технологического процесса и оборудования делают работу по модернизации вакуумных дуговых печей особенно актуальной.

Исследования в области технологии вакуумного литья тугоплавких металлов и изготовление специализированного оборудования для производства отливок на Ржевском ОАО «Электромеханика» проводятся более 40 лет. В результате на базе разработанных научно-технических основ, оригинальных технологических процессов и оборудования, созданного ведущими специалистами ОАО «Электромеханика», была создана сеть участков и цехов литья тугоплавких металлов в авиационной промышленности.

Было спроектировано, изготовлено

и освоено более ста вакуумных установок, обеспечивающих широкие технологические возможности и высокую надёжность при эксплуатации: 833-Д, ВДЛ-4, ДВЛ-250, ДВЛ-160М, УГЭ-3.

Важным этапом стал переход от графитовых к медным тиглям. Это позволило:

- ▶ повысить температуру сливаемого металла для получения тонкостенных крупногабаритных отливок;

- ▶ исключить загрязнение металла углеродом;

- ▶ сократить время охлаждения плавильной установки на 15-25 минут за счет малой массы гарнисажа и интенсивного охлаждения;

- ▶ упростить переход с одного сплава на другой путем замены гарнисажа;

- ▶ вовлекать в процесс все кондиционные отходы.

Большой опыт проведения плавки в печах с медным тиглем накоплен на Балашихинском литейно-механическом заводе (рис. 2). С 1994 по 2014 год на участке, состоящем из пяти установок 833Д, проведено более 2000 плавки с максимальным сливом жидкого металла до 110 кг. Плавки проводились при следующих

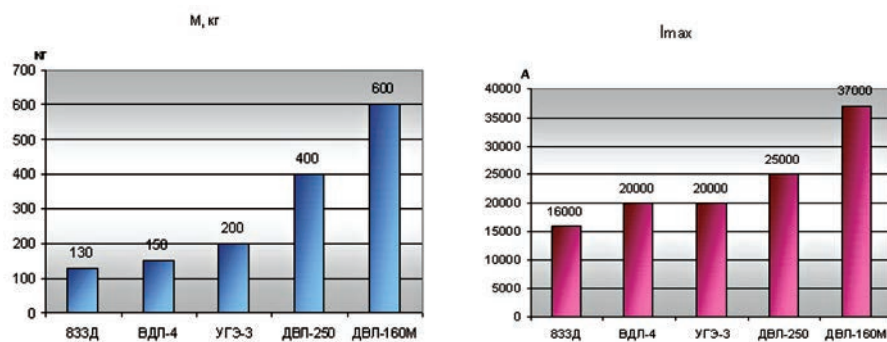


Рис. 1. Технические характеристики вакуумных дуговых установок:
М - вместимость тигля, кг; I_{max} - максимальная сила тока, А

Технические решения, направленные на упрощение конструкции, повышение надежности, снижение эксплуатационных затрат и стоимости установки, предусматривают:

- ▶ точное центрированное положение электрода относительно тигля;
- ▶ регулируемый привод вертикального перемещения электрода, оснащённый фотодатчиком обратной связи по положению;
- ▶ изготовление гарнисажного тигля механообработкой из медной поковки;
- ▶ новую конструкцию водоохлаждаемого штока, обеспечивающую надёжное крепление электрода с использованием медного наконечника;
- ▶ регулируемый электромеханический привод наклона гарнисажного тигля, оснащённый датчиком обратной связи по положению, обеспечивающий программное управление скоростью заливки металла;
- ▶ применение современного источника питания типа «ИДП», обеспечивающего непрерывное регулирование выходного тока в диапазоне от 10 до 100% с точностью 1%;
- ▶ построение вакуумной системы на базе автономных откачных форвакуумного и бустерного постов, оснащённых измерительными средствами давления;
- ▶ реализацию системы управления на базе современной компьютерной технологии;
- ▶ поддержание дугового зазора между электродом и зеркалом металла;
- ▶ автоматическое измерение массы расплавленного металла;
- ▶ дистанционное наблюдение за процессом плавления посредством видеокамеры с монитором, установленным на автоматизированном рабочем месте оператора;
- ▶ оснащение установки замкнутой системой водяного охлаждения тигля;
- ▶ непрерывное измерение веса электрода для расчёта реальной скорости плавки.

режимах: напряжение на дуге – 35 В, сила тока – 12-15 кА, скорость плавки – 12-13,5 кг/мин, вакуум – $5 \cdot 10^{-3}$ мм рт. ст.

В настоящее время выработан новый подход к проектированию вакуумных дуговых установок типа 833ДМ, который, базируясь на проверенных в производственных условиях технических решениях, предусматривает изменения конструкции установки, вакуумной системы, системы охлаждения и АСУ ТП.

Вакуумная гарнисажная печь «833 ДМ» предназначена для расплавления методом расходоуемого электрода и последующей разливки в литейные формы титана и других тугоплавких металлов. Во время плавки электрод имеет отрицательный электрический заряд, тигель – положительный. В пределах конструкции печи могут использоваться различные литейные формы.

Установка «833 ДМ», общий вид которой представлен на рис. 3, состоит из следующих основных механических узлов:

- рабочая камера;
- механизм перемещения электрода;
- узел гарнисажного тигля с механизмом поворота;
- контейнер;
- центробежная машина;
- вакуумная система;
- энергетическое оборудование;
- пневматическая система;
- система водяного охлаждения;
- система напуска инертного газа;
- компьютерная система контроля и управления, обеспечивающая автоматическое ведение процесса, визуализацию и архивирование технологических параметров.

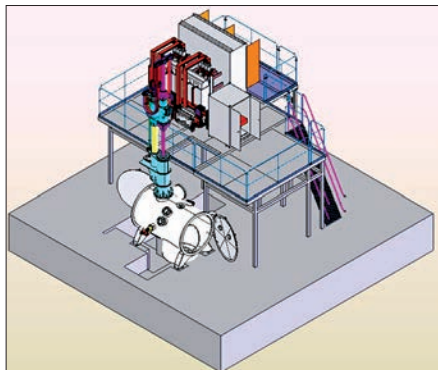


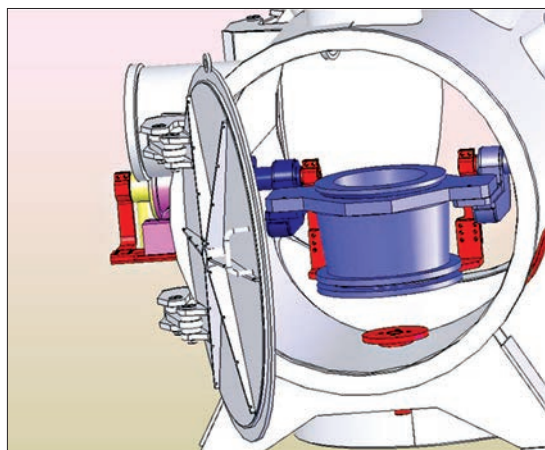
Рис. 3. Общий вид установки «833 ДМ»

Рабочая камера предназначена для размещения механизмов и приспособлений: контактная площадка для приварки электрода, тигель, расходоуемый электрод, контейнер с литейной формой, установленный на центробежном столе. Камера представляет собой цилиндр с горизонтальной осью, внутренний диаметр камеры составляет 1400 мм, длина - 2300 мм. Камера устанавливается на раму приямка.

Торцы камеры закрыты крышками на петлях. Петли имеют два шарнира и обеспечивают плотное прилегание крышек к камере. Крышки прижаты к фланцам камеры откидными болтами. Для установки в камеру контейнера, заливочного устройства и расходоуемого электрода обе крышки открываются. Камера и крышки печи – водоохлаждаемые.

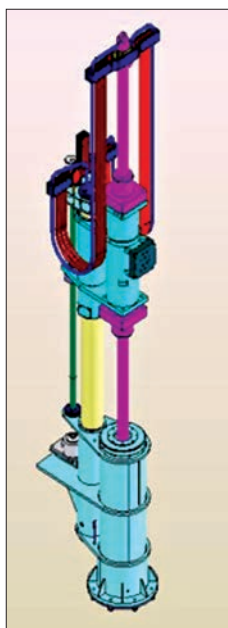
На верхних патрубках камеры установлен механизм перемещения электрода и предохранительный клапан. Сбоку камеры расположены два патрубка для вакуумных насосов, с другой стороны - рабочее место оператора и два смотровых окна для наблюдения за плавкой. Смотровое окно может быть использовано для дистанционного наблюдения за процессом плавки посредством двух цветных видеокамер и мониторов, установленных на пульте управления. Контактная площадка расположена под тиглем. На неё устанавливается расходоуемый электрод для приварки. Площадка представляет собой плоский медный круг диаметром 280 мм с медным стержнем диаметром 70 мм, который через отверстие с вакуумными уплотнениями выходит из камеры вниз и соединяется с шинами источника питания. Камера заземлена и имеет знак тигля.

Тигель с механизмом поворота служит для наплавления жидкого металла электрической дугой из расходоуемого электрода и заливки металла в формы. Он представляет собой медную емкость, имеющую форму усеченного конуса. Тигель вставлен в сварной водоохлаждаемый корпус с трубчатыми цапфами. Цапфы вставлены в отверстия камеры, имеющие вакуумные уплотнения. Механизм поворота тигля выполнен на базе гидравлического привода.



4

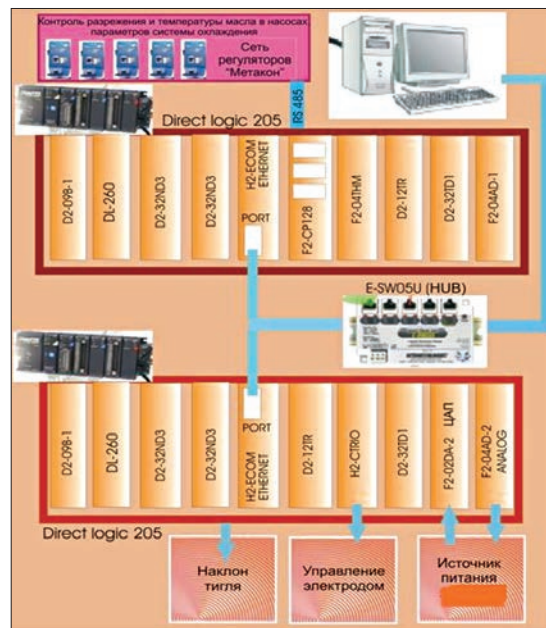
Рис. 4. Тигельный узел



5

Рис. 5. Механизм перемещения электрода

Рис. 6. Структурная схема системы управления печи «833 ДМ»



6

Заливочное устройство устанавливается в вакуумной камере над контейнером с литейной формой. Состоит из воронки и опорных кронштейнов. В воронку металл заливается из тигля и направляется в литниковую чашу формы, размещённой в кронштейне.

Контейнер предназначен для удобства сборки литейной формы, установки и крепления ее на центробежной машине. Контейнер представляет собой цилиндрическую емкость с крышкой и поддоном. Литейная форма собирается на поддоне и опускается в контейнер. Контейнер закрывается крышкой. В крышке имеется центральное отверстие для заливки металла в форму. Для установки собранного контейнера в камеру применяется специальное приспособление. Дно контейнера имеет посадочное отверстие.

Механизм перемещения электрода, установленный вертикально на верхнем патрубке, служит для осуществления рабочей подачи электрода при плавке и быстрого отброса электрода вверх по окончании плавки. Механизм состоит из стакана, редуктора, электродвигателя, муфты, колонны с винтом, каретки, пневматического цилиндра с электрическим держателем и гибких коммуникаций для подвода электроэнергии и охлаждающей воды, для подвода сжатого воздуха к пневматическому цилиндру. Стакан

представляет собой сварную конструкцию, на которой закреплены колонна с винтом и электродвигатель с редуктором и муфтой.

Через верхнее отверстие стакана с вакуумными уплотнениями в камеру входит шток токового подвода с электрическим держателем. При вращении винта по колонне перемещается каретка с пневматическим цилиндром. Шток пневматического цилиндра представляет собой стальную трубу, внутри которой находятся медные стержни, охлаждаемые водой. К верхнему концу штока прикреплены гибкие токовые подводы. Нижний конец штока находится в вакууме. Он имеет форму усечённого конуса. На конус надет титановый электрический держатель и закреплён с помощью колец и болтов. Снаружи на пневматическом цилиндре закреплена панель с двумя воздухораспределителями. К панели подводится сжатый воздух от шкафа пневматического оборудования. От панели воздух подводится к крышкам пневматического цилиндра.

Сверху на колонне закреплены шины с присоединёнными с ним гибкими токовыми подводами. Эти шины служат для присоединения источника питания.

Движение штока вниз во время подачи расходуемого электрода выполняется электромеханическим приводом, имеющим бесступенчатое регулирование

скорости, что обеспечивает высокую точность поддержания длины дуги.

Центробежная машина состоит из центробежного стола и привода. Стол и привод установлены на самостоятельные фундаменты. Стол представляет собой плоский диск, посаженный на вертикальный вал. Станиной центробежного стола служит сварная конструкция, несвязанная жёстко с камерой. Уплотнением между станиной и столом служит плоское кольцо из вакуумной резины, защищённое от брызг металла специальным сварным кольцом. Привод центробежной машины состоит из рамы, электродвигателя и редуктора.

Вакуумная система включает две линии (форвакуумную и бустерную), оборудована автономной системой управления, необходимыми измерительными приборами и пневматическими клапанами для вакуумирования рабочей камеры.

В состав вакуумной системы входит насосы: «2НВ3-160», «2НБР-220» - механические золотниковые, «RVN 2420» - двухроторный Рутса, «ZL-400» - бустерный, вакуумные трубопроводы с пневматическими клапанами, комплект фланцев, уплотнений и арматуры.

Для питания электрической дуги в составе установки используется источник питания типа «ИДП-20» на 20 000 А, напряжение – до 75 В. Источник реализован на

двух трансформаторах, двух кольцевых выпрямителях на базе шести тиристоров, двух дросселях.

Система управления (СУ) установки «833 ДМ» построена по структуре PC-PLC и включает персональный компьютер (верхний уровень), программируемый логический контроллер (нижний уровень). Управление работой системы на нижнем уровне осуществляется от контроллера фирмы Direct Logic.

Контроллер выполняет функции управления технологическим процессом, компьютер выполняет только терминальную задачу управления (визуализация состояния элементов печи, хранение файлов истории технологического процесса, событий и ошибок).

СУ установки выполняет следующие функции:

- ▶ управление работой вакуумной системы в автоматическом, ручном и наладочном режимах;
- ▶ поддержание с высокой точностью основных параметров процесса вакуумной дуговой плавки: напряжение на дуге, ток дуги, скорость вертикального перемещения электрода;
- ▶ реализация алгоритмов управления процессом плавки металла в тигле;
- ▶ программное управление скоростью заливки металла из тигля в формы;
- ▶ автоматическое измерение натяжения рабочей камеры;
- ▶ возможность регистрации параметров процесса плавки и архивирования результатов.

СУ обеспечивает запись и архивирование времени наработки всех узлов и механизмов печи с возможностью автоматического оповещения о соблюдении графика планово-предупредительных ремонтов.

Программное обеспечение верхнего уровня СУ обеспечивает: обработку информации технологических параметров и состояния элементов технологической системы; регистрацию и хранение параметров технологического процесса с привязкой к реальному времени; формирование архивного и аварийного файлов, файла событий; конвертирование сформированной базы данных в формат таблицы Excel; вывод на принтер паспорта на проведенный процесс плавки.

Автоматизированное рабочее место оператора реализовано на базе персонального компьютера. Задание управляющих воздействий и ввод программируемых параметров технологического процесса, отображаемых на мониторе, осуществляется с помощью команд оператора.

Для предупреждения проплавления охлаждаемых элементов тигля и токовых подводов жидким металлом печь оборудована двумя системами охлаждения.

Первая система охлаждения, общая, с подключением к оборотной (цеховой) системе водяного охлаждения, является основной. Система оборотного водоснабжения идёт на охлаждение основных элементов конструкции установки, таких как тигель с системой токовых подводов, камеры плавильной, насосов вакуумной системы, отсека электрода. Система водяного охлаждения имеет датчики контроля наличия воды и ее температуры.

Аварийная система водяного охлаждения предназначена для замораживания расплава (или его остатка после слива) в тигле при нарушении параметров охлаждения при работе от основной системы.

Одной из актуальных задач вакуумной дуговой плавки (ВДП) является улучшение управляемости процесса. С этой целью разработана математическая модель, исходными данными которой являются электрическая мощность, подведённая к печи, массовая скорость плавления расходуемого электрода и коэффициент теплоотдачи от расплава. Расчёт теплового режима осуществляется путём совместного решения уравнения теплового баланса для охлаждающей воды и уравнений, описывающих теплопередачу от расплава через слой гарнисажа и стенку (дно) тигля к охлаждающей воде. При этом используются граничные условия 3 рода на рабочей поверхности гарнисажа и охлаждаемой поверхности тигля и допущение об идеальном тепловом контакте между гарнисажем и стенкой тигля. Модель обеспечивает эффективное управление процессом в реальном масштабе времени и позволяет рассчитать все основные параметры технологического процесса: температуру расплава; толщину бокового и донного гарнисажа; расход, ско-

рость и температуру воды на выходе из системы охлаждения.

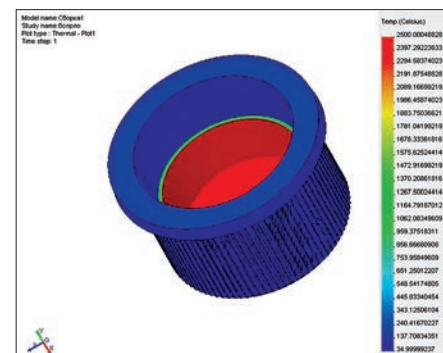


Рис. 7. Результаты расчёта температурного поля в стенке медного тигля

Современная система управления, выполненная на базе промышленного компьютера и программируемых контроллеров, позволяет реализовать разработанный алгоритм, обеспечивая проведение плавки в автоматическом режиме с высокой повторяемостью результатов. Оперативный метод, базирующийся на обработке информации в реальном масштабе времени, существенно повышает качество управления. Математическая модель, позволяющая корректировать режим плавки, адекватно реагировать на возмущающие воздействия, делает процесс ВДП более гибким, сводя к минимуму затраты на переналадку при смене марки сплава. Стохастический характер процесса ВДП учитывается организацией адаптивных обратных связей.

Расчёт параметров гидравлических и тепловых потоков можно осуществить также на базе стандартных CAE-систем (универсальных конечно-элементных пакетов для решения теплофизических задач и гидродинамики). Результат одного из вариантов расчёта температурного поля в стенке медного тигля при использовании этого метода приведён на рисунке.

С учётом жёстких требований к расширению технологических возможностей вакуумного дугового оборудования, повышению его технического уровня и безопасности разработаны новые конструктивные решения и расчётные методики, позволяющие с высокой точностью обеспечивать оптимальный режим технологического процесса.



Общий вид установки «ВИП НК ПМ»

КОМАРОВ М.А., начальник отдела научно-конструкторского центра ОАО «Электромеханика»
СОКОЛОВ Ю.А., к.т.н., главный конструктор
 ООО «НТК «Электромеханика»
КОНСТАНТИНОВ В.В., к.т.н., генеральный директор
 ОАО «Электромеханика»

Универсальная установка типа «ВИП НК ПМ»

для получения изделий с различной структурой

Повышение боевой мощи авиации и кораблей на современном этапе неразрывно связано с созданием и дальнейшим совершенствованием эффективных в техническом и экономическом отношении газотурбинных двигателей (ГТД). Это также относится и к гражданским отраслям авиационной и судостроительной промышленности. Решение данной задачи невозможно без создания современных методов получения новых жаропрочных и коррозионноустойчивых материалов со стабильными структурой, фазовым составом и физико-химическими свойствами.

Эффективность разработки материалов с повышенной жаропрочностью и коррозионной стойкостью можно проиллюстрировать положительными эффектами, которые получаются при повышении на 100°C температуры газа на входе в турбину: повышением КПД на 20 процентов, увеличением тяги от 5 до 20 процентов в зависимости от условий эксплуатации, экономией топлива от 15 до 40 процентов. Повышение температурной способности материала лопаток на 20 процентов соответствует удвоению среднего срока их службы.

Основной задачей при создании установки «ВИП НК ПМ» было получение изделий из жаропрочных и жаростойких сплавов с различной структурой (равноосной, направленной и монокристал-

лической). Универсальность установки позволяет реализовать различные схемы кристаллизации отливок – например, такие, как изготовление изделий из эвтектических сплавов направленной кристаллизации на основе систем Ni-Cr-Al-Ta и Ni-Cr-Al-W, и других [1].

фортности условий работы оператора за счет интегрирования на рабочем месте органов управления; улучшение ремонтпригодности за счет автоматического диагностирования и тестирования оборудования средствами контроллера и компьютера.

«ВИП НК ПМ» позволяет реализовать различные схемы кристаллизации отливок из жаропрочных и жаростойких сплавов. Универсальность установки позволяет получать изделия с различной структурой: равноосной, направленной или монокристаллической

К преимуществам установок типа «ВИП НК» можно отнести увеличение методов управления структурой отливок (для получения необходимого температурного градиента можно использовать жидкометаллический кристаллизатор или композиционные экраны); высокий уровень управляемости и повторяемости параметров технологического процесса; исключение влияния субъективных факторов на процесс кристаллизации посредством закрепления отлаженного нормативного технологического процесса в управляющей программе и возможности блокировки несанкционированного изменения программы; повышение ком-

Установка типа «ВИП НК ПМ» представляет собой сложный технологический агрегат, основными узлами которого являются плавильная и шлюзовая камеры, загрузочное устройство, индукционная печь, печь сопротивления для нагрева форм, механизмы вертикального перемещения форм и кристаллизатора, вакуумная система, автоматизированная система управления технологическим процессом, система охлаждения.

Цилиндрическая плавильная камера установки изготовлена из листовой нержавеющей стали. К торцам цилиндра приварены фланцы для крепления с крышками. С одной стороны камера закрыва-

ется крышкой откатного блока, с другой стороны – передней крышкой, которая установлена на тележке. Плавильная камера имеет водяную рубашку охлаждения. Для крепления других технологических узлов в камере вварены патрубки. На камеру сверху установлено загрузочное устройство, механизм вертикального перемещения, механизм поворота дверей.

Откатный блок представляет собой охлаждаемое днище на откатной тележке. На раме тележки размещены два трансформатора печи подогрева форм, конденсаторная батарея и источник питания «ТПЧТ-250». К днищу откатного блока крепится печь подогрева форм, коаксиальный ввод, индукционная печь, кристаллизатор. Данное техническое решение позволило существенно сократить длину электрических разводов, минимизировать уровень помех.

Индукционная печь, предназначенная для плавки мерной шихтовой заготовки, представляет собой конструкцию из быстросменного, смонтированного в контейнере тигля ёмкостью два литра и навитого из медной трубки.

Регулируемый электромеханический привод наклона тигля реализован на базе асинхронного двигателя, частотного регулируемого привода серии VS-606V7 компании «Yaskawa» и датчика обратной связи по положению, что позволяет обе-

Установка даёт возможность получения естественных композиционных материалов на основе эвтектических сплавов, получаемых методом направленной кристаллизации

спечить программируемый закон заливки металла в формы, контроль и регистрацию фактической скорости заливки.

Двухзонная печь подогрева форм, изготовленная из углерод-углеродного композиционного материала УКПМ, обеспечивает нагрев керамических форм до температуры 1700°С.

Печь подогрева форм (ППФ) обеспечивает нагрев керамических форм и представляет собой печь сопротивления с графитовыми нагревателями. ППФ, изготовленная из углерод-углеродного композиционного материала, обеспечивает

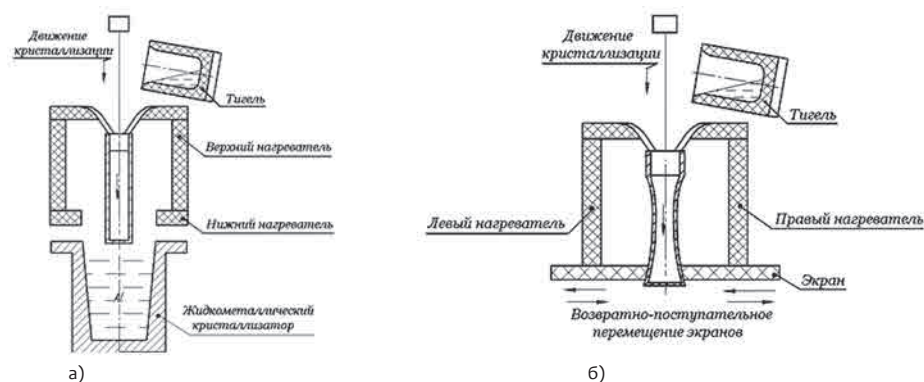


Рис. 2. Схема получения отливок с монокристаллической структурой с жидкометаллическим кристаллизатором (а) и с помощью кристаллизационных экранов (б)

нагрев керамических форм до температуры, предусмотренной технологией. Максимальная рабочая температура ППФ достигает 1750 оС, скорость нагрева - от 5 до 40 оС/мин. Габариты рабочего пространства печи составляют: 600x180x485 мм (длина x ширина x высота).

Загрузочное устройство с двумя отдельными приводами обеспечивает загрузку шихты в тигель и измерение температуры расплавленного металла термопарой погружения. Контроль температуры расплава осуществляется двухволновым пирометром «Marathon» компании «Raytek». Пирометр позволяет измерять температуру расплава в диапазоне от 1000°С до 2500°С, имеет нормализованный выход (4 ... 20 мА) для сопряжения с системой управления, до-

вопривод компании «Mistubishi Electric» и фотодатчик обратной связи по положению ЛИР. Диапазон регулирования скорости составляет от 0,01 мм/мин до 170 мм/мин.

Конструкция механизма горизонтального перемещения форм в шлюзовой и плавильной камере реализована на базе телескопического механизма и обеспечивает перемещение каретки без переходов с одного участка на другой. Блок керамических форм крепится к каретке, которая перемещается от электромеханического привода на базе реечной передачи по прямоугольной направляющей.

Технологический затвор шибберного типа с электромеханическим приводом, изготовленный на единой плите, разделяет плавильную и шлюзовую камеру. Уплотнения затвора закрыты корпусом и не требуют защиты экраном при перемещении горячей формы.

В нижней части плавильной камеры установлены две видеокamеры для визуального наблюдения за положением экранов (плотность их прилегания к формам) при загрузке форм в ППФ и процессе кристаллизации. Изображение с видеокamер выводится на монитор центрального пульта управления.

Механизм загрузки форм обеспечивает точное позиционирование форм на подвеску механизма вертикального перемещения форм и точное позиционирование относительно подвижных экранов. Минимальный шаг изменения скорости перемещения форм составляет 0,1 мм/мин.

Особенностью установки «ВИП НК ПМ» является возможность реализации процесса кристаллизации отливок по двум схемам:

- с жидкометаллическим охладителем;



Рис. 3. Ввод управляющей программы нагрева ППФ

- при помощи кристаллизационных экранов, без жидкометаллического охладителя.

Схема получения отливок с монокристаллической структурой с жидкометаллическим кристаллизатором приведена на рис. 2а. В этом случае два боковых нагревателя образуют верхнюю зону нагрева и один нагреватель – нижнюю.

Схема кристаллизации отливок с помощью кристаллизационных экранов (рис. 2б) обеспечивает получение отливок с направленной структурой за счёт плотного прилегания подвижных графитовых экранов с гибким материалом на рабочем торце по поперечному сечению форм. Теплозащитный экран обеспечивает перекрытие теплового потока ППФ при перемещении форм в нижнее пространство плавильной камеры. Перемещение каждого экрана в горизонтальной плоскости по оси X составляет не менее 50 мм. Перемещение экранов осуществляется как по программе путём кратковременного возвратно-поступательного движения, так и в ручном режиме.

Экраны плотно прилегают к форме в течение всего цикла кристаллизации и повторяют наружный контур форм. Электромеханические элементы привода экранов надёжно защищены от теплового воздействия со стороны ППФ. В конструкции механизма привода экранов предусмотрен блок конечных выключателей для безопасности работы.

Вакуумная система обеспечивает на холодной, сухой, пустой печи давление равное 2×10^{-4} мм рт.ст., остаточное давление на снаряжённой печи в рабочем цикле от 1×10^{-3} мм рт.ст. до 2×10^{-4} мм рт.ст. Натекание в общем объёме печи

составляет не более 5-7 л мкм рт.ст./с.

Вакуумная система установки состоит из двух линий: низковакуумной и бустерной откачки. В состав бустерной линии входят насос 2НВБМ-250 и механический насос КТ-300 компании «KINNEY». Низковакуумный режим реализован на базе насоса Рутса «КМВД-720» и механического насоса 2НВЗ-80Т.

На установке организовано двухконтурное охлаждение с разделением первичного контура на охлаждение корпуса печи, индуктора. Охлаждающая жидкость первичного контура – вода плюс антикоррозионные и смягчающие воду добавки.

Охлаждающая жидкость вторичного контура – вода от существующей цеховой градильни с давлением $1,5 + 0,5$ атм. Максимальная температура воды на входе $+25^{\circ}\text{C}$, минимальная температура воды на входе $+10^{\circ}\text{C}$.

Система управления (СУ) установки типа «ВИП НК ПМ» построена на базе промышленного компьютера (верхний уровень) и программируемого логического контроллера Direct Logic (нижний уровень).

Контроллер выполняет все функции управления технологическим процессом, компьютер – математическое моделирование процесса направленной кристаллизации и терминальную задачу управления – ввод, редактирование, запись программ нагрева и движения, визуализацию состояния элементов технологического оборудования, хранение файлов истории технологического процесса, диагностики и ошибок.

Система управления обеспечивает работу установки в нескольких режимах: «Наладка», «Ручное управление», «Программирование», «Автоматизирован-

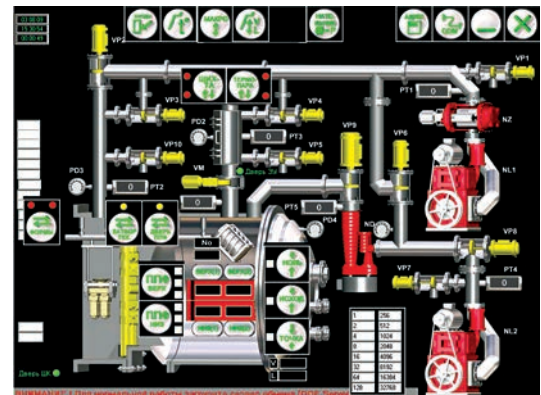


Рис. 4. Интерфейс рабочего места оператора установки «ВИП НК ПМ»

ный». В режиме «Наладка» управление механизмами установки осуществляется от мнемопанели пульта оператора. Режим реализован аппаратно, без контроллера, используется только при пуско-наладочных, ремонтно-профилактических работах и внештатных ситуациях.

Режим «Ручное управление» реализован на базе контроллера и обеспечивает безопасную эксплуатацию установки с соблюдением всех блокировок. Режим обеспечивает завершение автоматизированного цикла в случае его сбоя. Режим «Программирование» обеспечивает просмотр, ввод и редактирование управляющих программ нагрева форм и кристаллизации с любым количеством участков в графическом и цифровом виде. Оператор имеет возможность многократного доступа к любому параметру и визуального контроля программы термообработки. Хранение программ организовано на жёстком диске промышленного компьютера.

Оператор имеет возможность запрограммировать параметры управляющей программы нагрева ППФ на нескольких участках: нагрев, выдержка и охлаждение (рис. 3). На каждом участке оператор должен задать скорость изменения температуры, заданную температуру и время выдержки.

В автоматизированном цикле переход от участка нагрева к участку термостабилизации происходит без вмешательства оператора. В то же время, для отладки технологии предусмотрен режим свободного включения любых участков нагрева оператором.

Программа кристаллизации обеспечивает ввод, редактирование и просмотр управляющих программ движения форм,

их считывания и записи в программируемый контроллер.

Оператор должен запрограммировать параметры кристаллизации на каждом участке: величина перемещения и скорость.

Автоматизированный режим реализует рабочий цикл вакуумного литья при условии ввода оператором паспортных данных на выплавляемые лопатки: марки материала, номера плавки, индивидуального номера лопатки. СУ обеспечивает проведение в автоматическом режиме следующих операций:

- перемещение теплоизолирующих экранов;

- нагрев форм в ППФ с заданной скоростью и в заданном интервале температур;

- кристаллизация отливок (перемещение форм из ППФ).

Выход на рабочую температуру является регулируемым. Нагрев до рабочей температуры реализован программно, а поддержание температуры на участке «полочка» осуществляется ПИД-регулятором.

Предусмотрена возможность перехода из автоматического режима в ручной (для внесения поправок и корректировок) в процессе технологического цикла работы установки.

Автоматизированное рабочее место оператора реализовано на базе промышленного компьютера, программное обеспечение которого делает возможным (рис. 4) отображение мнемосхемы установки, автоматическое формирование базы данных, контроль состояния узлов и механизмов установки, диагностику отказов.

Для визуального наблюдения за состоянием механизмов вакуумной схемы и значениями контролируемых параметров используется мнемосхема установки, на которой отображается динамика процесса литья. Использование цветных объёмных изображений элементов мнемосхемы (насосы, клапаны, затворы, датчики), максимально приближённых к виду реальных конструкций, облегчает работу оператора.

Интерфейс оператора содержит основное (базовое) окно, на котором выделено несколько областей: клавиатура вспомогательных экранов, мнемосхема установки, включающая вакуумную систему и систему охлаждения. При касании на управляемый элемент выдаётся кон-

Программное обеспечение верхнего уровня, разработанное средствами языка Visual Basic 6 в среде операционной системы Windows 7/8, обеспечивает:

1. Подготовку управляющей программы с любым количеством кадров вертикального перемещения форм в кристаллизационную ванну – расчёт скорости движения фронта кристаллизации отливки в зависимости от изменения сечения изделия.
2. Контроль процессов расплава металла в тигле и слива расплава.
3. Удобный многооконный интерфейс «оператор-система», в котором реализован простой доступ к информации и средствам управления «нажал и смотри» (Click & Play).
4. Советчик оператора.
5. Автоматическое формирование оперативных сообщений на основе анализа аварийных и внештатных ситуаций.
6. Индикацию текущих значений параметров установки в реальном масштабе времени.
7. Регистрацию и хранение параметров технологического процесса литья с привязкой к конкретному изделию и реальному времени.
8. Формирование архивного и аварийного файлов, файла событий.
9. Коррекцию настроек регуляторов температуры верхней и нижней зон печи подогрева форм.
10. Сигнализацию при отклонениях технологического процесса: нарушение охлаждения; обрыв термодар; отклонение параметров вакуумной системы; отклонение скорости перемещения формы в жидкометаллическую ванну.
11. Обработку информации технологических параметров и состояния элементов технологической системы.
12. Конвертирование сформированной базы данных в формат таблицы Excel.
13. Вывод на принтер паспорта на проведенный процесс литья.
14. Автоматическое измерение натекания рабочей камеры.
15. Высокий уровень информационного обеспечения оператора и технолога: диагностика работы насосов по температуре, контроль воды, аварийная звуковая и световая сигнализация, набор блокировок при некорректных действиях оператора, цифровая и графическая визуализация параметров технологического процесса, увеличение количества датчиков для локализации неисправности, переход установки в безопасное состояние при возникновении внештатных ситуаций. При возникновении ошибки на мониторе компьютера появляется окно, в котором отображается код ошибки, описание ошибки, рекомендации оператору.

текстная подсказка (какое действие можно произвести), управление возможно только в этом состоянии и осуществляется касанием соответствующей клавиши.

СУ обеспечивает формирование файлов параметров ТП, файлов событий и внештатных ситуаций. Периодичность опроса и записи в память определяет оператор. Далее происходит передача перечисленных файлов по сети Internet на сервисную службу завода-изготовителя. Это дает возможность разработчику получать информацию о технологическом процессе и давать рекомендации по регулированию, позволяет вводить новые технологические и сервисные функции посредством изменения программного обеспечения, оперативно устранять неполадки.

Таким образом, повышается устойчивость технологической системы благодаря введению обратной связи по

Internet, осуществляется диагностика и прогнозирование работоспособности элементов установки, отслеживаются некорректные действия оператора.

Качество образующейся при кристаллизации литой структуры лопатки во многом определяется скоростью кристаллизации и температурным градиентом в зоне кристаллизации. Скорость кристаллизации, в свою очередь, определяется температурным градиентом: при большом градиенте значительное количество тепла должно быть отведено через фронт кристаллизации и, следовательно, скорость кристаллизации должна быть малой; при малом температурном градиенте скорость кристаллизации должна быть больше. Для обеспечения стабильности монокристаллической структуры и минимального уровня дефектности необходимо управление этими параметрами.



Вакуумный автоматизированный комплекс

СОКОЛОВ Ю.А., к.т.н., главный конструктор ООО «НТК «Электромеханика»
ГЕНЧЕНКОВ С.В., заместитель главного конструктора ОАО «Электромеханика»
ДЬЯКОВ В.В., технический директор ОАО «Электромеханика»
КУЗНЕЦОВ С.Ю., к.т.н., председатель Совета директоров
 ОАО «Электромеханика»

Автоматизированный комплекс «ВАК»

Новые технологические возможности индукционной плавки в холодном тигле

В настоящее время медицинская, авиационная, космическая и судостроительная отрасли промышленности испытывают огромную нехватку перспективных материалов, таких как: сплавы с памятью формы, интерметал-

лические сплавы, титановые сплавы с высоким содержанием легирующих элементов, поскольку в мире насчитывается всего несколько установок, способных производить отливки из данных материалов. Например, интерметаллидные

сплавы на основе Ti-Al позволяют снизить удельный вес на 20 % к титановым сплавам и на 60 % к жаропрочным в компрессорах авиационного двигателя. Жаропрочные интерметаллические сплавы на основе Nb-Al могут использоваться для изготовления изделий авиационной техники, которые эксплуатируются при температурах до 1600°C. Поэтому вопрос создания отечественного технологического оборудования для получения сложнолегированных интерметаллических сплавов на основе Ti-Al с добавлением Nb, Cr и других легирующих элементов стоит достаточно актуально.

ОАО «Электромеханика» разработало два комплекса, «ВАК-50» и «ВАК-100», для литья изделий из интерметаллидов и тугоплавких сплавов методом индукционной плавки в секционном медном охлаждаемом тигле. Масса отливок по титану составляет 50 кг и 100 кг соответственно. Вакуумное индукционное плавление в медном водоохлаждаемом тигле – техническое решение, которое снимает ограничение при плавке в керамическом

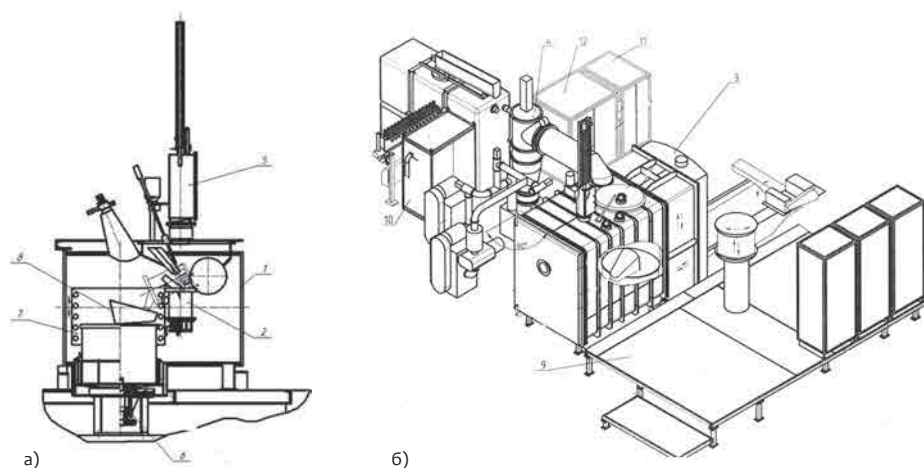


Рис. 1. 3D модель комплекса типа «ВАК»

тигле сплавом таких активных металлов, как Ti, Zr, сверхпроводящих материалов, сплавов с памятью формы, магнитов, интерметаллических сплавов.

Вакуумное индукционное плавление в секционном медном водоохлаждаемом тигле – техническое решение, которое снимает ограничение при плавке в керамическом тигле сплавов таких активных металлов, как Ti, Zr, сверхпроводящих материалов, сплавов с памятью формы, магнитов, интерметаллических сплавов

УСТРОЙСТВО И РАБОТА КОМПЛЕКСА И ЕГО СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

Комплекс типа «ВАК», 3D модель которого представлена на рис. 1а и 1б, построен по модульному принципу и состоит из вакуумной камеры 1, плавильного блока 2, откатного блока 3 на тележке, загрузочного устройства 5, центробежной машины 6 с контейнером, токового подвода коаксиального, вакуумной системы 4, печи подогрева форм 7, механизма вертикального перемещения печи подогрева форм, устройства загрузки-выгрузки форм, системы водяного охлаждения 10, батареи конденсаторной 12, источника питания «ТПЧТ-800» 11, площадка обслуживания 9, система пневматической, компьютерной системы управления.

Конструктивно комплекс выполнен в виде вакуумной камеры прямоугольной формы. С одной стороны камера закрывается торцевой крышкой, с другой –

откатным блоком на тележке. Сверху на камере расположена крышка верхняя, прикреплённая болтовыми соединениями. Также сверху на камере устанавлива-

ется загрузочное устройство для добавки легируемых элементов в медный тигель.

Камера имеет необходимые элементы конструкции для наблюдения за процессом перемещения механизмов, патрубки подсоединения к вакуумной системе. На плавильной камере предусмотрены гляделки дискового типа для наблюдения за состоянием расплавленного металла в тигле – при сливе металла, при замере температуры металла термпарой погружения – и за положением горячей формы при заливке расплавленным металлом. Камера снабжена четырьмя подставками для установки её на опоры. В камере расположены плавильный блок и токовый коаксиальный подвод.

В нижней части камеры имеется патрубок диаметром 1200 мм, в котором расположены печь подогрева форм, центробежная машина и контейнер.

Для обслуживания и эксплуатации

КОНСТРУКЦИЯ ПЛАВИЛЬНОЙ КАМЕРЫ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ ОБЕСПЕЧИВАЕТ:

- » **УДОБНЫЙ** монтаж, расположение и обслуживание технологических узлов (печь подогрева форм, плавильный блок, центробежная машина, гляделки);
- » **ВОЗМОЖНОСТЬ** получения отливок больших размеров.

печи подогрева форм, центробежного устройства, контейнера с формой имеет откатной блок. Он установлен на тележке, перемещающейся от привода по рельсовому пути. На блоке расположены крышка плавильной камеры и подъемный механизм для подъема печи подогрева форм с контейнером. После подъема откатной блок с залитыми формами и печью подогрева отъезжает от камеры для разгрузки отливок. В состав комплекса входит устройство для взятия проб расплавленного металла.

ПЛАВИЛЬНЫЙ БЛОК

Плавильный блок с секционным холодным тиглем для плавки активных тугоплавких металлов и их сплавов содержит секционный холодный плавильный тигель, включающий медные водоохлаждаемые секции, которые изнутри покрыты композиционным многослойным покрытием путём напыления электроизоляционного слоя на основе оксида циркония методом плазменного напыления. Питание плавильного блока осуществляется через коаксиальный токовый подвод. Охлаждение плавильного блока – через напорный и сливной коллекторы, выполненные в виде «ромашки».

Плавильный блок подвешивается на двух поворотных цапфах, в блоке расположен медный секционный охлаждаемый тигель, вокруг индуктора располагаются концентраторы магнитного поля.

Индуктор выполнен из двух параллельных медных трубок размерами:

диаметр 36 x 2,5 мм количество витков: 4 витка x 2.

Концентраторы магнитного поля замыкают магнитные силовые линии снаружи индуктора, увеличивая интенсивность воздействия энергии индуктора на расплавляемый материал. Каждый из концентраторов представляет собой набор пластин из листовой электротехнической стали толщиной 0,35 мм. Для упрощения конструкции магнитопроводы выполнены из отдельных шихтованных пакетов прямоугольной формы.

ПЕЧЬ ПОДОГРЕВА ФОРМ (ППФ)

ППФ предназначена для термической обработки титановых сплавов с целью стабилизации фазового состава отливки и нагрева, подаваемых под заливку форм до программируемой температуры (максимальная температура печи для нагрева форм – 850°C, для термической обработки титановых сплавов – 650°C). ППФ включает в себя механизм вертикального перемещения.

ЗАГРУЗОЧНОЕ УСТРОЙСТВО

Загрузочное устройство с двумя отдельными электрическими приводами обеспечивает добавку легированных элементов во время плавки, измерение температуры расплавленного металла пирометром и термопарой погружения. Контроль температуры расплава осуществляет двухцветный пирометр, что позволяет проводить периодическую калибровку пирометра по погружаемой термопаре и формализовать процесс плавления металла в тигле.

МЕХАНИЗМ ПОВОРОТА ТИГЛЯ

Механизм поворота тигля обеспечивает вращательное движение при заливке металла в форму. Регулируемый электро-механический привод наклона тигля реализован на базе асинхронного двигателя, частотного регулируемого привода и датчика обратной связи по положению, что позволяет обеспечить программируемый закон заливки металла в формы, контроль и регистрацию фактической скорости заливки. Управлять механизмом поворота

тигля можно вручную и автоматически. При автоматической заливке тигель поворачивается на заданный угол, останавливается, делает временную задержку и возвращается в исходное положение.

ЦЕНТРОБЕЖНОЕ УСТРОЙСТВО

На стол центробежного устройства устанавливается контейнер с формой или изложницей для заливки металла. Центробежное устройство состоит из стола и привода, которые устанавливаются на самостоятельные фундаменты. Стол представляет собой диск на вертикальном валу. Привод устройства, состоящий из электродвигателя и редуктора, обеспечивает бесступенчатое изменение скорости вращения стола в широком диапазоне.

ВАКУУМНАЯ СИСТЕМА

Вакуумная система состоит из двух линий: линии форвакуумной откачки и линии глубокого вакуума (бустерная). Линия форвакуумной откачки обеспечивается насосом НВЗ-160Т производительностью 160 л/с и насосом Рутса RVB 23.30 производительностью 800 л/с. Линия бустерной откачки – это насос НВЗ-80 производительностью 80 л/с и насос бустерный ZL-400 производительностью 400 л/с.

СИСТЕМА ВОДЯНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ

Система водоохлаждения выполнена с возможностью регулирования протока охлаждающей жидкости по отдельным ветвям с контролем протока и температуры воды с помощью термодатчиков. Система водоохлаждения обеспечивает отвод тепла от всех теплонагруженных узлов и поверхностей. Для обеспечения безаварийной работы комплекса применена система водоохлаждения, включающая в себя бак емкостью 14,5 м³, насос GRUNDFOS TP 50-570/2 мощностью 11 кВт и два теплообменника М6-FG тепловой нагрузки 558 кВт.

МЕТОДЫ ПЛАВКИ

Построение комплекса на базе унифицированных узлов позволило максимально адаптировать комплекс к возможному переходу от индукционного метода плавки с холодным тиглем к дуговому. В этом

случае по заданию заказчика производится замена загрузочного устройства на узел подачи электрода, плавильного блока с холодным тиглем на медный или графитовый тигель [3]. Вес отливки при этом может составить до 160 кг по титану.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ПОЛУЧЕНИЯ ОТЛИВОК

Технология получения интерметаллидов и сложнoleгированных титановых сплавов включает в себя следующие основные этапы:

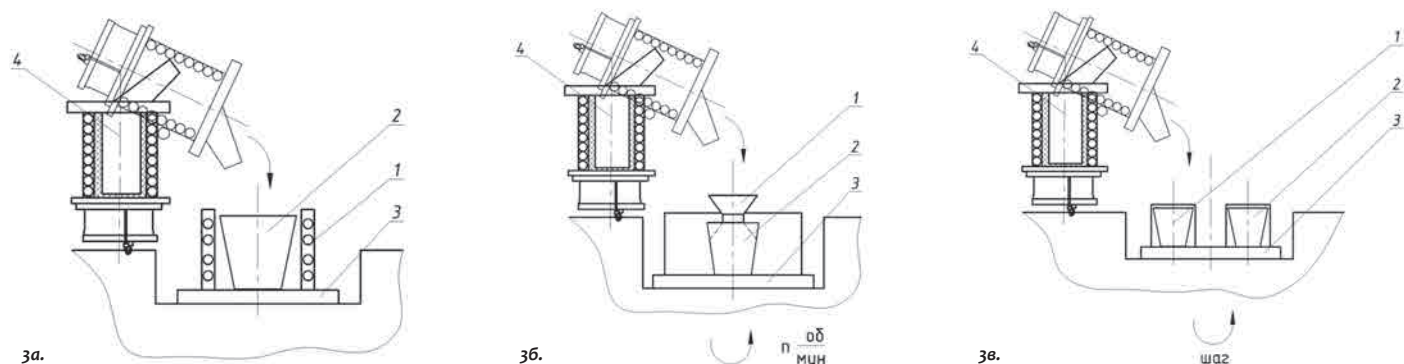
- ▶ расчёт и подготовка шихтовых материалов;
- ▶ выбор схемы укладки шихты в тигель;
- ▶ определение порядка введения легирующих добавок из загрузочного устройства в процессе плавки;
- ▶ расчёт оптимального режима плавки для каждого вида сплава (подготовка управляющей программы плавки, включающей задание частоты, мощности источника питания, времени работы по кадрам, давления в рабочей камере);
- ▶ выбор технологической схемы кристаллизации.

Металл кристаллизуется по одной из трех технологических схем

1. Заливка металла в форму, предварительно нагретую в ППФ (рис. 3а). Форма разогревается по заданной управляющей программе нагрева до заданной температуры, по достижении которой и окончании процесса плавления металла в тигле осуществляется заливка металла в форму. В зависимости от технологического режима охлаждения отливки происходит по определённому закону.

2. Заливка металла в форму, расположенную на центробежном устройстве (рис. 3б). По данной схеме форма устанавливается в контейнере ЦУ. Во время плавки металла ППФ имеет возможность вертикально переместиться вниз для прогрева формы или заливочного устройства. Перед заливкой металла в форму ППФ перемещается в крайнее верхнее положение и включается вращение контейнера с регулируемой скоростью (максимальная частота - 600 об/мин), что обеспечивает хорошую заполняемость формы металлом.

3. Заливка металла последовательно в несколько форм, расположенных, с за-



3а. Схема № 1 (заливка металла в форму, предварительно нагретую в печи подогрева): 1 – печь подогрева форм, 2 – форма, 3 – стол, 4 – плавильный блок

3б. Схема № 2 (заливка металла в форму, расположенную на центробежном устройстве): 1 – форма, 2 – контейнер, 3 – стол, 4 – плавильный блок

3в. Схема № 3 (заливка металла последовательно в несколько форм, расположенных с заданным шагом на поворотном столе): 1 – форма n, 2 – форма n+1; 3 – поворотный стол, 4 – плавильный блок

данным шагом, на поворотном столе с заданным количеством посадочных мест под установку форм (рис. 3в). Схема обеспечивает высокопроизводительный процесс литья в формы, позволяет за один технологический цикл выплавить несколько отливок. После заливки металла в очередную форму стол поворачивается на определенный угол для следующей заливки металла.

Система управления (СУ) комплекса типа «ВАК», реализованная на базе промышленного компьютера (верхний уровень) и сертифицированного программируемого логического контроллера DL-205 (нижний уровень), организует работу автоматизированного комплекса в нескольких режимах:

- ▶ наладочном, обеспечивающем управление механизмами комплекса от переключателей пульта оператора (обычно используется при пуско-наладочных и ремонтно-профилактических работах);
- ▶ ручном, дополняющем наладочный режим советчиком оператора-технолога, блокирующем некорректные действия оператора;
- ▶ автоматизированном, осуществляющем рабочий цикл вакуумного литья при вводе оператором паспортных данных на выплавляемые изделия.

Основные элементы комплекса «ВАК» прошли испытания в составе аналогичного оборудования. Проведенные плавки Ti-сплавов показали их высокую надёжность.

Методом индукционной плавки в холодном тигле были получены следующие сплавы:

- ▶ нитинол медицинского назначения, обладающий эффектом памяти (43% Ti и 57% Ni);

- ▶ интерметаллиды типа TiAl;

- ▶ сложнолегированные Ti-сплавы на основе Ti-Al, с добавлением Nb, Cr и других ЛЭ;

- ▶ BT-6 (Ti, 5,5... 6,75% Al, 3,5... 4,5% V), BT-35 (Ti, 15%W, 3% Al, 3% Sn, 1% Zr, 1% Mo).

Медицинские инструменты, изготовленные из нитинола, приведены на рис.4. Имплантаты, полученные из сплавов с термомеханической памятью, имеют уникальное сочетание свойств:

- ▶ прочность, выше прочности Ti, позволяет имплантатам нести большие нагрузки;

- ▶ эластичность, сравнимая с эластичностью живых тканей, и высокая коррозионная стойкость обеспечивают био-



химическую совместимость с тканями;

- ▶ большая стойкость сплава позволяет выдерживать сотни тысяч циклов знакопеременной деформации без разрушения;

- ▶ использование эффекта памяти формы упрощает и ускоряет существующие и создает новые методы лечения.

Особое внимание было уделено расчёту «холодного» тигля для обеспечения надёжной системы водяного охлаждения. Расчетом показано, что каналы охлаждения при скорости движения воды 2...3 м/с, обеспечивают нормальный режим работы при проведении технологического процесса плавки BT-6.

ВЫВОДЫ

Автоматизированный комплекс типа «ВАК» обеспечивает новые технологические возможности процесса для плавки химически активных металлов в «холодном» тигле с возможностью использования двух методов плавки: индукционной в «холодном» тигле (до 100 кг) и дуговой (до 160 кг), по трем схемам кристаллизации металла.

В медном тигле невозможно загрязнение загрузочного материала, а электромагнитное перемешивание расплава обеспечивает отличную химическую и термическую гомогенизацию расплава.

Комплекс «ВАК» может загружаться ломом, отходами и губкой вместо дорогих слитков круглого сечения. Одно из преимуществ – возможность комбинировать процессы легирования расплава и последующую разливку при одинаковой температуре.

Для повышения безопасности при эксплуатации плавильного блока комплекса «ВАК» используется двойная электрическая изоляция водоохлаждаемых секций тигля.

Конструкция охлаждения секций «холодного» тигля отличается размещением напорного и сливного коллекторов в нижней части плавильного блока.

Для сокращения времени охлаждения отливок комплекс «ВАК» оснащён газовой системой, обеспечивающей напуск аргона в плавильную камеру.

ГРЕЧИШКИН Р.М., Тверской государственный университет
АФАНАСЬЕВА Л.Е., Тверской государственный технический университет

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ В МАГНИТОУПОРЯДОЧЕННЫХ СПЛАВАХ С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

ОАО «Электромеханика» является активным участником федеральных целевых программ по разработке и освоению промышленного производства сплавов с памятью формы. Основным направлением деятельности предприятия в рамках ФЦП «Развитие гражданской морской техники» на 2009-2016 годы стало исследование и получение различных по химическому составу вариантов сплавов с эффектом памяти формы на основе никелида титана с заданной микроструктурой.

Металлические сплавы, обладающие эффектом самопроизвольного формовосстановления эффектом памяти формы (smart materials, intelligent materials) под действием внешнего поля, например, электрического, магнитного,

нием объёма, которое носит обратный характер, обеспечивая память. В сплавах с эффектом памяти формы при охлаждении происходит рост термоупругих кристаллов мартенсита, а при нагреве - их постепенное уменьшение до полного исчезновения.

Явление обратимости больших неупругих деформаций обусловлено необычными структурными перестройками материала – мартенситными реакциями, упругим двойникованием, движением дислокаций. Если при этом материал с эффектом памяти формы является магнитоупорядоченным (ферромагнитные сплавы Гейслера [3]), то это открывает дополнительные возможности управления формой и размерами образцов с помощью внешнего магнитного поля.

В этой области ощущается большой недостаток экспериментальных данных; в частности, практиче-

ски отсутствуют сведения о процессах формирования и перестройки структуры сплавов Гейслера – в интервале температур, включающем температуры фазовых переходов. Для восполнения этого пробела в данной работе с использованием методов температурной оптической микроскопии проведены прямые наблюдения изменений микроструктуры сплава Cu-Mn-Al в ходе прямых и обратных мартенситных переходов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исходными материалами для приготовления сплавов служили медь (99,97 %), электролитический марганец (99,7 %) и алюминий (99,99 %). Образцы сплавов Cu-Mn-Al были получены методом индукционной плавки в алундовых тиглях в атмосфере аргона. После гомогенизирующего отжига в течение 10 часов при температуре 1073 К полученные крупнокристаллические слитки разрезали на образцы. Перед проведением обработок на старение полученные образцы закаливали в воде от температуры 1123 К. Шлифы для наблюдения микроструктуры подготавливались стандартными методами механической шлифовки и полировки с завершающей кратковременной (5 – 8 с) электролитической полировкой в насыщенном растворе хромового ангидрида в ортофосфорной кислоте, проводимой с целью удаления механических царапин и деформированного поверхностного слоя.

Наблюдение микроструктуры и её изменений под действием температуры проводилось на металлографическом микроскопе МИМ-8, оснащённом устройством охлаждения и нагрева образцов в интервале температур от +120 до -40 °С с помощью малогабаритного термоэлектрического холодильника (модуля Пельтье) фирмы ElectroSolutions (США). При смене направления тока питания холодильник превращается в нагреватель. Для предотвращения образования инея на поверхности образца, последний вместе с объективом микроскопа помещался в эластичную герметичную камеру с осушителем, позволяющую осуществлять фокусировку изображения без нарушения герметичности. Ценным дополнением к методам структурного анализа являются исследования по измерению магнитных свойств [6 – 7]. Это позволило, в частности, определять температуры начала и конца мартенситных прямых и обратных переходов. В данной работе была собрана установка для термомагнитного анализа (ТМА) по температурной зависимости начальной магнитной восприимчивости.

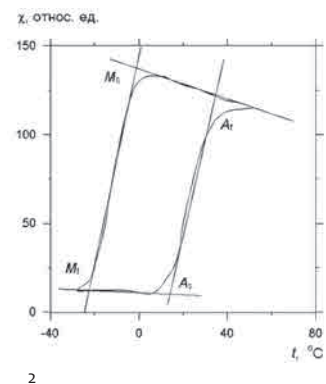
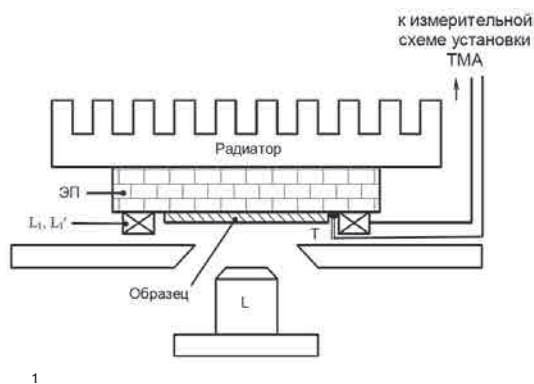
В основе установки лежит принцип дифференциальных измерений с двумя измерительными катушками, одна из которых находится вблизи исследуемого

Если материал с эффектом памяти формы является магнитоупорядоченным, то это открывает дополнительные возможности управления формой и размерами образцов с помощью внешнего магнитного поля

теплового – являются особым классом функциональных материалов. [1 – 4]. Величина эффекта в рекордных случаях достигает 30 % [2]. По аналогии со сталями, в сплавах цветных металлов высокотемпературную фазу, из которой образуется низкотемпературная, принято называть аустенитом, а низкотемпературную (из которой образуется высокотемпературная) – мартенситом [5]. Мартенситное превращение сопровождается измене-

Рис. 1. Схема опыта при проведении исследований методом ТМА одновременно с наблюдением микроструктуры: ЭП – элемент Пельтье; Т – платиновый термометр сопротивления; L, L' – измерительные катушки; L – объектив

Рис. 2. Температурная зависимость начальной магнитной восприимчивости образца Cu-Mn-Al, состаренного при 500 К в течение 6 часов.



образца, а вторая (компенсационная) – на удалении от него. Рабочая частота генератора выбиралась в диапазоне частот порядка 400-2000 Гц. Амплитуда поля возбуждения не превышала нескольких сотых долей миллитесла. Число витков измерительных катушек составляло от 20 до 100, в зависимости от варианта измерений. Для усиления измерительного сигнала использовался чувствительный селективный нано-микровольтметр с предварительным усилителем и синхронным детектором Унирап-232В, вход опорного (синхронизирующего) сигнала которого соединялся с выходом генератора намагничивающего тока. Выходной аналоговый сигнал микровольтметра подавался на 24-битовый аналого-цифровой преобразователь Е-24, соединённый с ПЭВМ. Программа обработки включала в себя цифровой фильтр низких частот с частотой среза 10 Гц, обеспечивавший глубокое подавление сигналов помехи на частоте 50 Гц (до -120 дБ) и возможность автоматической записи и хранения результатов. Схема опыта при проведении измерений методом ТМА одновременно с наблюдениями микроструктуры на оптическом микроскопе приведена на рис. 1.

Наблюдение микроструктуры сплава проводилось дифференциальным поляризационно-оптическим методом с цифровой регистрацией и обработкой изображений. Дифференциальный метод основан на получении пары изображений одного и того же поля зрения при двух разных ориентациях анализатора микроскопа, обеспечивающих инверсию контраста оптически анизотропной микроструктуры. В разностном изображении

происходит компенсация неинформативной фоновой части структуры образца (выравнивание фона) при сохранении информативной части, что позволяет значительно улучшить условия выявления слабоконтрастных структур.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рис. 2 представлена температурная зависимость начальной магнитной восприимчивости выбранного для исследований образца Cu-Mn-Al, состаренного после закалки от 1123 К в течение 6 часов при 500 К. Как видно из представленного графика, магнитная восприимчивость несколько увеличивается при охлаждении образца от +80 °С до температуры, близкой к нулю, после чего происходит её резкое уменьшение. Параллельные наблюдения микроструктуры показали, что резкому уменьшению восприимчивости соответствует спонтанное появление и лавинообразное развитие структуры мартенситных двойников. При температурах около -20 °С мартенситная микроструктура распространяется по всей поверхности наблюдения, и процесс её формирования практически заканчивается.

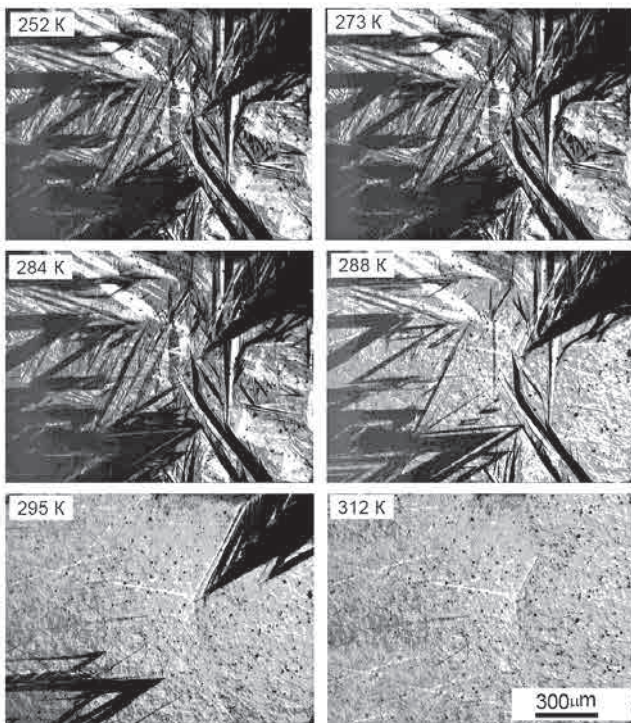
При продолжении цикла (нагреве образца от -20 °С до нуля и далее до +80 °С) обратный процесс перехода в высокотемпературную аустенитную фазу завершается при температурах около +40 °С; в этом состоянии при поляризационных наблюдениях видны только отдельные крупные кристаллиты, не имеющие заметной внутренней структуры. Микроструктурные наблюдения показали, что металлографические шлифы сплавов Cu-Mn-Al со структурным фазовым пере-

ходом обладают рядом особенностей. Плоские полированные поверхности, подготовленные на образцах, находящихся в аустенитном состоянии (при температурах выше температуры мартенсито-аустенитного превращения) после перехода в низкотемпературную фазу приобретают рельеф, отражающий структуру мартенсита. Повторный нагрев с переходом в аустенитную фазу приводит к восстановлению плоской поверхности. Это поведение материала меняется, если плоская поверхность создаётся в мартенситной фазе. В этом случае при переходе в аустенитную фазу появляется рельеф, который, однако, не исчезает при возврате в исходное состояние.

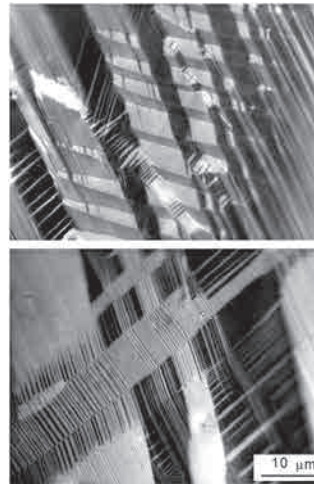
Микроструктуры, представленные на рис. 3, иллюстрируют процесс фазового структурного перехода от состояния со 100%-ным удельным объёмом мартенсита (при 252 К) к состоянию со 100%-ным объёмом аустенита.

Обращает на себя внимание разнообразие мартенситных структур, образующихся в ходе реакций аккомодации, обусловленных тенденцией к образованию состояний с минимальными упругими напряжениями. На рис. 4 и 5 представлены сложные мартенситные структуры, соответствующие различным видам пересечений и реакций двойниковых прослоек (с образованием полных и неполных вторичных прослоек, крестообразные пересечения, торможение прослоек, поглощение одной прослойки другими, фрагментация) и полисинтетические структуры субмикронной ширины.

Практика показывает, что при встрече двух двойниковых прослоек двойникование по другую сторону встречной



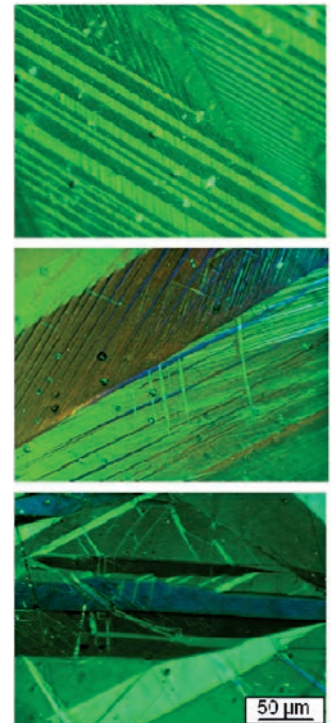
3



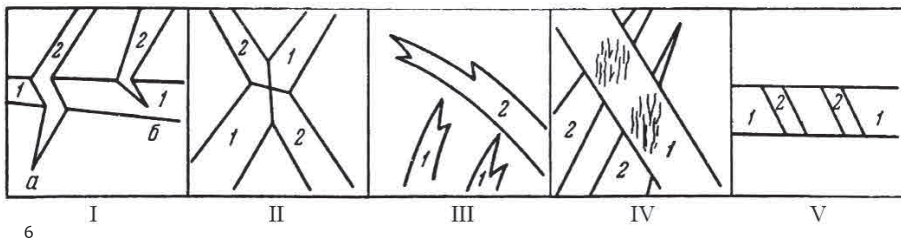
4

Рис. 3. Изменение микроструктуры образца Cu-Mn-Al при нагреве от 252K (100% мартенситной фазы) до 312K (100% аустенитной фазы)

Рис. 4. Сложные мартенситные структуры с различными видами торможения, фрагментации, поглощения и пересечения двойников.



5



6

Рис. 5. Цветные изображения сложных мартенситных структур сплава Cu-Mn-Al, полученные в белом поляризованном свете при +8 °С.

Рис. 6. Схемы пересечений двойниковых прослоек. I – пересечение с образованием: а – полной, б – неполной вторичной прослойки; II – крестообразное пересечение прослоек, которое возникает при наличии изгибающего усилия, перпендикулярного чертежу (т.е. плоскости спайности); III – торможение двойниковых прослоек. Возникает при изгибе образца в плоскости чертежа (в плоскости спайности); IV – поглощение одной прослойки другими. Исчезают прослойки, ориентировка которых не благоприятна для их дальнейшего роста; V – образование в широкой двойниковой прослойке вторичных двойниковых прослоек, не развивающихся за пределы первой. Такое двойникование возникает по-видимому, при особых ориентировках первой прослойки и локализации в ней напряжений.

дает ценные сведения о природе широко известного явления упрочнения кристаллических тел при наклёпе. Возникающие в кристаллах при механических воздействиях двойниковые прослойки препятствуют распространению следов скольжения, т.е. повышают сопротивление пластической деформации. Следы скольжения и границы зерен не являются непреодолимыми препятствиями для прорастания двойниковых прослоек сквозь кристаллы или агрегаты кристаллов. Возникающие в местах пересечения двойниковых прослоек трещины, естественно, могут быть очагами разрушения, т.е. могут снижать прочность кристаллических тел.

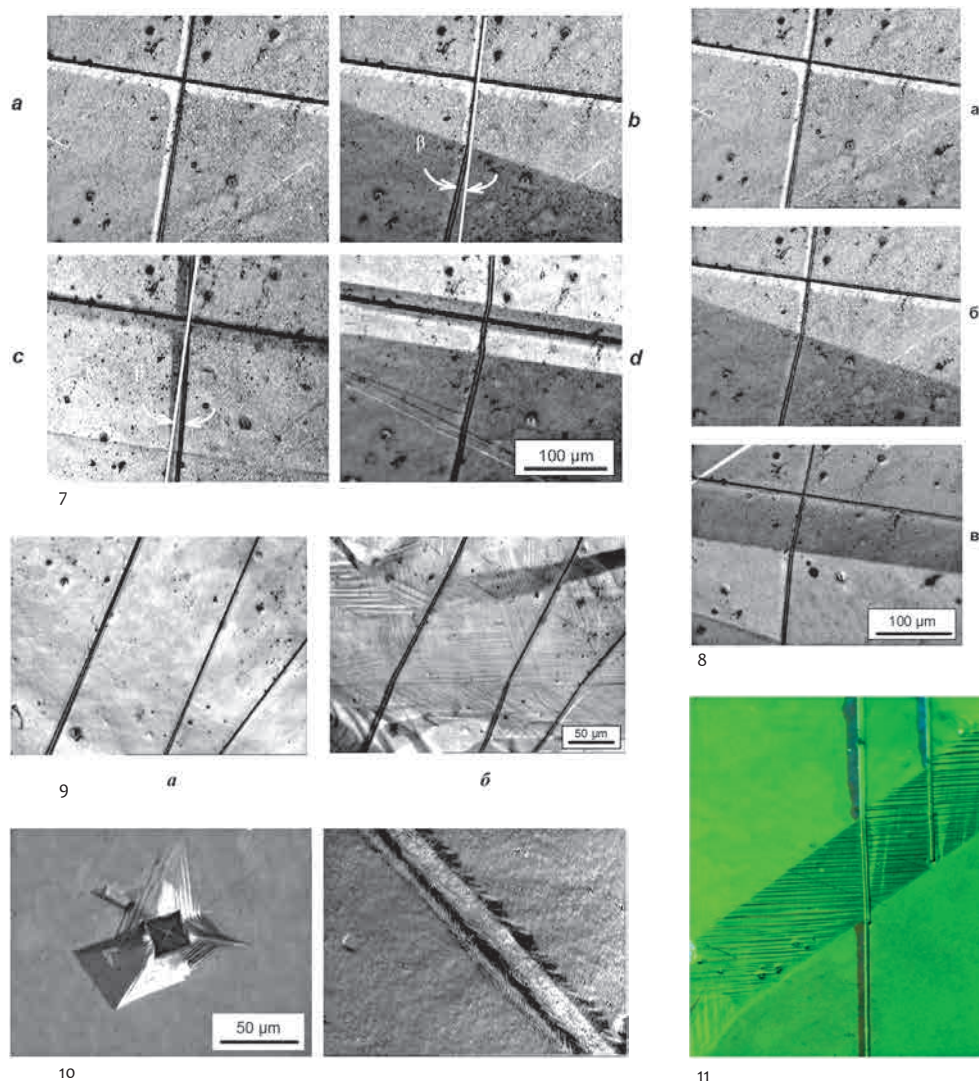
Для детального исследования хода структурных превращений нами был применён приём нанесения контрольных рисков (царапин) и отпечатков алмазного индентора на поверхности образца с последующим отслеживанием изменений их формы и размеров.

Образец полировался до образования плоской поверхности в аустенитном состоянии. Если в таком состоянии нанести на поверхность образца прямолинейные риски, то можно заметить, что после мартенситного превращения риски будут сдвинуты характерным образом.

прослойки не возникает, и при возрастании нагрузки наблюдается только расширение обеих прослоек. Возникновение вторичных двойниковых прослоек тем труднее, чем шире встречная прослойка. Иногда при пересечении наблюдается поглощение одной прослойки другой. Экспериментальные данные рис. 4 и рис. 5 соответствуют известным наблюдениям основных видов взаимодействия двойниковых прослоек друг с другом [8]. Схемы пересечений двойниковых прослоек представлены на рис. 6. Геометрия пере-

сечения определяется видом напряженного состояния и ориентировкой образца по отношению к приложенной силе. Если ориентировка образца выгодна, для деформации скольжением, то двойниковая прослойка может вызвать на противоположной стороне встречной прослойки появление пачки линий скольжения.

Представленные на рисунках исследования динамики процесса пересечения двойниковых прослоек, а также роста двойников и следов скольжения в кристаллах с искажённой решёткой



- Рис. 7. Изгиб рисок на поверхности образца Cu-Mn-Al при фазовом переходе аустенит – мартенсит. *a* – исходное состояние (аустенит) ($T = +24\text{ }^{\circ}\text{C}$); *b, c, d* – после трёх повторных прямых мартенситных переходов ($T = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Рис. 8. Изгиб прямолинейных рисок на поверхности образца Cu-Mn-Al при фазовом переходе аустенит – мартенсит. *a* – исходное состояние (аустенит) ($T = +24\text{ }^{\circ}\text{C}$); *б, в*, – после двух повторных прямых мартенситных переходов ($T = +8\text{ }^{\circ}\text{C}$).
- Рис. 9. Изгиб прямолинейных рисок, нанесенных алмазным индентором на поверхности образца Cu-Mn-Al при фазовом переходе аустенит – мартенсит. *a* – исходное состояние, структура сплава – аустенит. *б* – структура сплава – мартенсит, полученная при охлаждении образца до $6\text{ }^{\circ}\text{C}$ с помощью модуля Пельтье.
- Рис. 10. Деформационный мартенсит, образовавшийся вокруг отпечатка, и риску, нанесенного на поверхность образца сплава Cu-Mn-Al в аустенитном состоянии.
- Рис. 11. Образование деформационного мартенсита (сиреневые области) вдоль нанесенных алмазным индентором рисок. Изображение структуры получено в поляризованном свете.

Дифференциальным поляризационно-оптическим методом проведены непосредственные наблюдения процессов формирования и перестройки структуры низкотемпературной фазы состаренных сплавов Гейслера Cu-Mn-Al в ходе структурного фазового перехода. Прямые оценки удельного объёма фаз по данным микроструктурных наблюдений дают результаты, соответствующие косвенным данным термомангнитного анализа с помощью температурных измерений начальной магнитной восприимчивости. Образующиеся при фазовых переходах разнообразные мартенситные структуры аналогичны известным двойниковым структурам других материалов.

Рассматривая различные непараллельные риски, пересекающие данную плоскость, и отмечая первоначальное расположение этих рисок в непревращенной исходной фазе, можно определить искажение матрицы, которое описывает деформацию формы. Анализ показывает, что имеет место однородная деформация. Это искажение (деформация формы) похоже на простой сдвиг, или, точнее, это деформация с инвариантной плоскостью, и данная плоскость является недеформируемой и не поворачиваемой плоскостью габитуса. Примеры изгиба прямых рисок в результате фазовых переходов представлены на рис. 7, 8, 9.

На рис. 10 представлен пример образования деформационного мартенсита вокруг отпечатка и риску, нанесённого на поверхность образца алмазным индентором.

На рис. 11 показана микрофотография мартенситной пластины в сплаве Cu-Mn-Al. Тонкие полосы, пересекающие пластину, являются изображениями двойников превращения. Области, примыкающие к мартенситу, остаются аустенитными. Сиреневые домены вдоль нанесённых алмазным индентором рисок представляют собой мартенсит деформации, образовавшийся из-за того, что нанесение рисок проводилось при температуре ниже M_d , т.е. при температуре, когда мартенсит может возникнуть не только вследствие понижения температуры, но и под действием механического напряжения.

В ходе исследований было обнаружено, что в пластически деформированных областях образца вблизи царапин и отпечатков инденторов могут возникать локальные области с двусторонней памятью формы. Это приводит, в частности, к экспериментально наблюдаемым обратимым изменениям глубины отпечатков индентора при прямых и обратных мартенситных переходах. Эффект может найти применение для создания материалов с управляемым рельефом поверхности.

МИШАРИН М.Л., к.т.н., доцент, старший научный сотрудник ТвГУ
ВЕСЕЛОВ И.Н., к.х.н., старший научный сотрудник ТвГУ

ПО ПРИНЦИПУ «ТРОЙНОЙ СПИРАЛИ»

Об инновационных парках в России заговорили после Президентского Послания-2010 и начала амбициозного проекта Сколково под Москвой. Подобные начинания стали воплощаться по всей России. А годом позже родилась совместная инициатива ОАО «Электромеханика», правительства Тверской области и Тверского Государственного университета, результатом которой стало подписание губернатором Тверской области Андреем Шевелевым в декабре 2012 года «Соглашения о сотрудничестве и совместной деятельности при разработке и формировании научно-промышленного парка на базе ОАО «Электромеханика». Этот трехсторонний документ также подписан ректором ТвГУ Андреем Белоцерковским и генеральным директором ОАО «Электромеханика» Виктором КОНСТАНТИНОВЫМ

СОГЛАШЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ТЕХНОПАРКОВ В ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ

На завершающем этапе выполнения в Тверском государственном университете федерального проекта «Университетский технопарк в инновационной среде региона», в конце 2012 г., по совместному решению представителей Правительства Тверской области и руководства ТвГУ, ТГСХА и ОАО «Электромеханика» была проведена работа по нормативному обеспечению в регионе процесса создания и развития инновационных структур. В результате были подготовлен и принят ряд стратегических документов: Соглашение

№ 2016 от 13 ноября 2012 г. «О сотрудничестве и совместной деятельности при формировании и развитии научно-технологического парка «Соминка» ТвГУ, Соглашение № 2014 от 13 ноября 2012 г. «О сотрудничестве и совместной деятельности при разработке и формировании проекта агротехнического комплекса «Сахарово» на базе ФГБОУ ВПО Тверская государственная сельскохозяйственная академия».

Определены были вопросы стратегического взаимодействия в инновационной сфере с передовым предприятием современного машиностроения ОАО «Электромеханика», которое стало базовой организацией по созданию в

Тверской области пилотного проекта научно-промышленного парка. Конкретные вопросы решения данного проекта закреплены в утверждённом трехстороннем документе: «Соглашение № 2033 от 20 декабря 2012 г. «О сотрудничестве и совместной деятельности при разработке и формировании научно-промышленного парка на базе открытого акционерного общества «Электромеханика» г. Ржев».

Вопросы научно-методического и информационного обеспечения, координация по реализации данных соглашений со стороны высшей школы были поручены Тверскому государственному университету.

В марте 2013 года, во исполнение подписанных губернатором Тверской области соглашений, министром экономического развития Тверской области И.В. Козиным, ректором ТвГУ А.В. Белоцерковским, ректором ТГСХА О.Р. Балаяном, генеральным директором ОАО «Электромеханика» В.В. Константиновым были утверждены по каждому создаваемому технопарку планы совместных работ на 2013 год с распределением ответственных исполнителей, определением конкретных сроков выполнения мероприятий и подготовки комплекса нормативной документации.

Если соглашения – документы стратегического значения и носят индикативный характер, то разработанные с учётом реальных возможностей и намерений планы – это пробная «дорожная карта» в решении задачи построения «ядер» трёх инновационных комплексов в Тверской области.

Сегодня уже представляется возможным оценить пройденный путь и достигнутые результаты. Такой анализ частично проведён в рамках круглого стола «Инновационная инфраструктура: вектор экономического развития региона» на V Инновационном форуме «Университет – региону», который состоялся 26-27 ноября в Тверском государственном университете. В дальнейшем вопрос был детально обсуждён на состоявшемся 20 декабря 2013 г. заседании Координационного совета по научной и научно-инновационной политике при Правительстве Тверской области.

ФОРМИРОВАНИЕ ПАРКА КАК ГОЛОВНОГО ЗВЕНА РЕГИОНАЛЬНОЙ ИННОВАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

На основе указанных ранее документов и для оперативной работы по их реализации – Приказом ректора ТвГУ от 26.07.2013 была организована рабочая группа. На Тверской ИнноЦентр возложены функции информационного, организационно-методического и консультационного обеспечения работ.

На основе имеющихся в Тверском ИнноЦентре баз данных и информационных материалов по технопарковым структурам высшей школы были разработаны и представлены для рассмотрения всем заинтересованным структурам документы, необходимые для создания и функционирования технопарка (положение о технопарке, положение о попечительском и

интеллектуальной продукции на завершающем этапе пребывания в парке;

- ▶ формирование системы предоставления научно-технических и бизнес-услуг с использованием возможностей технопарка, базового вуза, города;
- ▶ создание особой среды общения резидентов технопарка: начинающих малых предприятий, успешно действующих компаний, научных коллективов и других резидентов парка.

Соответственно, в состав технопарка на начальном этапе его становления предусмотрено включение ряда базовых элементов. Например, студенческий бизнес-инкубатор ТвГУ для студентов, аспирантов и молодых ученых. Центр инновационного консалтинга осуществляет консультационно-методическое сопровождение освоения

научных организаций и 5 промышленных предприятий. Посредническую миссию по выводу продукции и коллектива на рынок, по взаимодействию с потенциальными заказчиками новой наукоёмкой продукции и возможными инвесторами будет осуществлять **офис центра трансфера и коммерциализации технологий. Центр коммерциализации научных разработок и венчурного финансирования инновационного бизнеса** способствует развитию инновационно-инвестиционной деятельности в регионе, содействие внедрению на предприятиях новых технологий, обеспечивающих выпуск приоритетной продукции. Предполагается также, что научно-технологический парк ТвГУ будет активно сотрудничать с **Тверским региональным представительством Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.**

Все рассмотренные выше направления разрабатываются малыми инновационными фирмами, функционирующими в составе научно-технологического парка ТвГУ.

Энергичные и комплексные усилия по созданию технопарка безусловно окажут существенное влияние на социально-экономическое и инновационное развитие города и региона, так как этот проект является пилотным для одного из промышленных центров Тверской области

экспертном совете, положение о резидентах, типовое соглашение технопарка с резидентами, перечень услуг технопарка и другие нормативные документы).

Основная цель создания научно-технологического парка ТвГУ заключается в создании условий для успешной деятельности малых инновационных компаний, реализации и коммерциализации ими инновационных проектов, научных разработок, а также помощи в выходе на рынок наукоёмкой продукции. В этой связи, для своих резидентов технопарк призван создавать условия, обеспечивая полный комплекс услуг инфраструктуры.

Основными задачами научно-технологического парка ТвГУ являются:

- ▶ создание команд молодых предпринимателей;
- ▶ поддержка инновационных проектов в период инкубации бизнеса и представление на рынке новой

и реализации проектов по созданию технопарков в Тверском регионе, в том числе университетского научно-технологического парка ТвГУ. В составе университетской инновационной инфраструктуры также действует ряд подразделений, которые на определенных условиях готовы оказывать различные виды услуг резидентам технопарка.

Деятельность **лаборатории сертификации биотехнологической продукции и электроники ТвГУ** направлена на оказание метрологических, испытательных, сертификационных, аттестационных, стандартизационных услуг. **Тверской региональный межведомственный центр коллективного пользования научной аппаратурой и оборудованием** (по отделениям: электронной микроскопии, спектроскопии, биотехнологических измерений, общей химии и т.д.) объединяет измерительный потенциал 12 вузов,

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА НАУЧНО-ПРОМЫШЛЕННОГО ПАРКА «ЭЛЕКТРОМЕХАНИКА»

Проект создания Научно-промышленного парка «Электромеханика» (далее – НПП «Электромеханика») предусматривает формирование технопаркового комплекса, объединяющего инновационный потенциал ОАО «Электромеханика», бизнес-структур, научных и инновационных центров, высших учебных заведений, расположенных в Тверском регионе. НПП «Электромеханика» ориентирован на развитие малого инновационного бизнеса на межрайонном уровне (Ржев, Старица, Зубцов) и призван выполнять в дальнейшем функции координирующего центра для инновационного бизнеса в регионе.

По Плану работ на 2013 год был проведён анализ условий формирования НПП «Электромеханика», оценка инновационного потенциала ОАО «Электромеханика».

Организационное и оперативное сопровождение процесса создания и развития технопарка с одобрения Совета директоров ОАО «Электромеханика» осуществляет созданная Рабочая груп-

па во главе с генеральным директором В.В. Константиновым. В её состав, кроме сотрудников ОАО «Электромеханика», вошли представители Министерства экономического развития Тверской области, Законодательного Собрания Тверской области, муниципалитетов (город Ржев, Старица, Зубцовский район), учебных заведений (ТвГУ, ТГСХА, ТГМА).

Главным практическим итогом по реализации Соглашения явилась организация на будущих площадях НПП «Электромеханика» следующей группы малых инновационных предприятий с возможностью самостоятельной финансово-коммерческой деятельности различной специализации:

ООО «Ржевская металлургическая компания» – разработка и производство сложнотермостойких сплавов на основе титана и его интерметаллидов;

ООО «НПЦ «АвиаЛит» – получение алюминитиевых и магниевых сплавов;

ООО «НТК Электромеханика» – производство монокристаллов тугоплавких металлов и получение гранул.

Кроме того, в интересах создания НПП «Электромеханика» подготовлен соответствующий научно-технический задел для формирования группы малых предприятий по направлениям: обработка изделий с использованием электронно-лучевых технологий; производство бинарного льда; производство ветрогенераторов; производство оборудования для переработки твердых отходов; нанесение износостойких коррозионно-стойких покрытий и др.

В интересах создания НПП «Электромеханика» Тверским ИнноЦентром были разработаны проекты основных документов, регламентирующих процесс его создания и функционирования.

На совещании представителей ОАО «Электромеханика» и делегации из Северо-западного исследовательского института цветных металлов (г. Сиань, КНР), состоявшемся 4 июня 2013 года, проекту создания и развития НПП «Электромеханика» был придан новый импульс. Стороны обсудили основные направления сотрудничества в области высокотехнологичных производств и технологий, среди которых особое внимание было уделено принципам построения междуна-

родного инновационно-технологического парка на инженерно-технологической территории ОАО «Электромеханика». В ходе совещания была достигнута договоренность о развитии сотрудничества в ряде направлений, среди которых – расширение сотрудничества в образовательных и научных областях между Тверской областью и провинцией Шаньси.

Очередное совещание рабочей группы состоялось 22 июля 2013 года, в ходе него были рассмотрены важные вопросы создания НПП «Электромеханика». Среди основных итогов совещания – принятие решения о создании управляющей компании технопарка. Большое внимание также было уделено вопросам активизации взаимодействия НПП «Электромеханика» с ТвГУ по линии использования лабораторной базы на договорных условиях.

По инициативе заместителя министра экономического развития Тверской области Д.А. Ильина состоялось совещание рабочей группы, на котором особое внимание было уделено поиску путей ускорения создания НПП «Электромеханика», в частности, вопрос привлечения финансирования за счет субсидий, предоставляемых Минэкономразвития Тверской области. Главный вывод по итогам работы в 2013 году при реализации проекта НПП «Электромеханика» заключается в том, что данный проект требует значительной государственной поддержки путём включения в государственные программы Тверской области и при возможности в федеральные программы. Более энергичные и комплексные усилия по созданию технопарка безусловно окажут существенное влияние на социально-экономическое и инновационное развитие города Ржева и региона, так как этот проект является пилотным для одного из промышленных центров Тверской области.

АГРОТЕХПАРК «САХАРОВО»

Агротехнологический парк «Сахарово», формируемый на базе Тверской государственной сельскохозяйственной академии, призван выполнять функцию координирующего центра по инновационной деятельности в агропромышленном комплексе Тверского региона.

Концепция агротехнопарка, созда-

ваемого в форме некоммерческого партнерства при ТГСХА, получила одобрение Ученого Совета ТГСХА. Для обеспечения координации работ по созданию агротехнопарка была сформирована рабочая группа, куда включены представители ТвГУ, Тверского ИнноЦентра, ТГМА, ТГТУ, представители органов государственной власти, местного самоуправления и бизнес-сообщества.

На данный момент агротехнопарк находится на этапе неполного юридического оформления. Частично сформирована нормативно-правовая база его деятельности, в неё включены такие локальные нормативные акты.

Тверской ИнноЦентр в процессе выполнения заключённого Соглашения по агротехнопарку в 2013 году предоставил ТГСХА проекты следующих документов: Положения о бизнес-инкубаторе, Положения о студенческом технологическом бизнес-инкубаторе, Положения о порядке центра трансфера технологий, Положения о порядке конкурсного отбора претендентов, подавших заявление на признании резидентами технопарка.

Факультетами ТГСХА созданы базовые инновационные комплексы с учётом своего профиля. Указанные комплексы агротехнопарка постоянно расширяют свой круг связей. Организовано сотрудничество с Редкинским АПК, ОАО «Орехозуевское молоко», финской компанией «Valio» и другими организациями. Прорабатывается вопрос о вступлении создаваемого агротехнопарка в Ассоциацию агротехнопарков России.

В 2013 году по заключённому Соглашению проведено несколько заседаний, где рабочей группой выявлены важные проблемы, влияющие на реализуемость планов создания агротехнопарка: отсутствие в регионе эффективной связи и информирования потребителей в АПК области о продуктах и услугах научно-исследовательской сферы, недостаточная проработка учеными ТГСХА и представителями агротехнопарка перспективных направлений развития аграрной техники и технологий, сложности процедур финансового обеспечения начальной стадии формирования агротехнопарка.

В процессе выполнения соглашения были выработаны и представлены на засе-

дание Координационного совета при Правительстве Тверской области по научной и научно-инновационной политике предложения по следующим мероприятиям:

- ▶ проведение в ТГСХА совместно с органами государственной власти Тверской области и вузами анализ возможного участия в программах федерального, регионального уровня, а также ведомственных, для решения вопроса об источниках финансирования создаваемого агро-технопарка и сформированных инновационных комплексов;
- ▶ создание и постоянное обновление базы данных об имеющихся научных и инновационных разработках на сайтах ТГСХА;
- ▶ информирование об имеющихся научных и инновационных разработках тверских вузов по различным каналам потенциальных потребителей;
- ▶ создание и развитие в регионе механизмов взаимодействия между потребителями и производителями научной и инновационной продукции;
- ▶ проведение активной кадровой по-

литики в интересах инновационного предпринимательства и переход на эффективный контракт;

- ▶ создание в регионе интегрированных межвузовских инфраструктурных подразделений (центр трансфера и коммерциализации технологий, центр маркетинга) на базе существующих в Твери и области инновационных структур.

Выполнение заключённых соглашений находится под личным контролем губернатора Тверской области А.В. Шевелева. Именно по его указанию в декабре 2013 года было организовано и проведено специальное заседание Координационного совета при Правительстве Тверской области по научной и научно-инновационной работе. На указанном заседании были заслушаны и обсуждены доклады и предложения представителей всех организаций – участников формирования технопарковых структур в Тверской области.

По результатам обсуждения были приняты следующие решения: разработать и утвердить единый комплексный план работ по реализации соглашений по развитию инновационной инфраструктуры Тверской области на 2014-2015 гг.; сформировать на 2014-2015 гг. тематику аналитических и научно-методических исследований, необходимых для дальнейшего развития инновационной инфраструктуры и повышения эффективности инновационной деятельности в регионе; разработать план мероприятий на 2014-2015 гг., направленных на повышение информированности общественности, представителей бизнеса, органов государственной власти и местного самоуправления Тверской области, о проводимой работе по развитию инновационной системы области, «историях успеха» созданных в регионе инновационных предприятий через средства массовой информации. Указанные пункты решения при активной совместной работе всех участников соглашений выполнены, программа действий по развитию инновационной (технопарковой) структуры с учётом имеющихся ресурсов реализуется.



ЧЕРНОВА Д.М., ведущий специалист отдела маркетинга и рекламы
Национальная ЛИЗИНГОВАЯ КОМПАНИЯ
ШВАЙКО П.П., к.т.н., вице-президент ОАО «Российский дорожный банк»
КОНСТАНТИНОВ А.В., к.т.н., зам. генерального директора по экономике
ОАО «Электромеханика»

ПРЕИМУЩЕСТВА ЛИЗИНГА СПЕЦОБОРУДОВАНИЯ

для авиационной промышленности

Как показывает практика, не каждое предприятие может позволить себе приобрести дорогостоящее авиационное оборудование, отвлекая из бизнеса собственные средства. При этом потребность в производстве новых самолётов значительно растёт, а для этого необходимо обновлять основные фонды. Существует огромное количество вариантов получить финансирование, но наиболее оптимальным, с точки зрения преимуществ, является лизинг.

За время своего многолетнего существования рынок лизинга переживал разные периоды: становление, развитие, проблемные периоды, взлеты и падения. Сегодня он остается наиболее прогрессивным финансовым инструментом для приобретения нового спецоборудования.

С точки зрения бизнеса, лизинг – это инструмент, позволяющий предприятию произвести модернизацию основных фондов и получить в пользование новое необходимое имущество, затратив минимум собственных ресурсов.

Лизинг по своей сути наиболее близок к кредиту. Причем он может применяться как для финансирования оборотных средств, так и для финансирования приобретения имущества. С юридической точки зрения лизинг – совокупность экономических и правовых отношений, возникающих в связи с реализацией договора лизинга, в том числе с приобретением предмета лизинга.

Самый распространённый в Рос-

сии вид лизинга – финансовый. По сути, финансовый лизинг – это долгосрочная аренда имущества с последующим правом выкупа, обладающая некоторыми налоговыми преференциями.

Лизинг характеризуется тем, что срок, на который передаётся имущество во временное пользование, приближается по продолжительности к сроку его эксплуатации и амортизации всей стоимости имущества.

В свою очередь, финансовый лизинг подразделяется на несколько различных видов, в зависимости от форм организации, техники проведения сделки и состава участников. Самые распространенные его подвиды – классический и возвратный лизинг.

Приобретая имущество в лизинг, предприятия получают массу преимуществ перед покупкой в кредит или арендой. Лизинг позволяет вести бизнес эффективно, получать максимум прибыли и выгодно инвестировать финансовые средства

Классический лизинг – лизинговая сделка с участием лизингодателя, лизингополучателя, продавца (поставщика) имущества. По заявке лизингополучателя лизингодатель приобретает у поставщика необходимое имущество и передаёт его в пользование лизингополучателю. По истечении договора лизинга (при условии

выплаты платежей) лизингополучатель может получить предмет лизинга в собственность.

Возвратный лизинг – такая его форма, при которой предприятие, являющееся владельцем какого-либо имущества, продаёт его лизинговой компании, чтобы затем на основе соглашения с этой компанией стать пользователем этого имущества. На самом деле, объект никуда не перемещается, а меняется лишь его собственник. В результате, лизингодатель как бы даёт ссуду под залог объекта первоначальному собственнику. По сути, возвратный лизинг даёт возможность предприятию временно высвободить капитал за счёт продажи имущества и одновременно продолжать им фактически пользоваться, выравнивая баланс путем продажи имущества не по балансовой, а по рыночной стоимости. Важным преимуществом возвратного лизинга является использование уже находящегося в эксплуатации оборудования в качестве источника финансирования новых объектов.

В США и Европе лизинг – это один из самых популярных способов финансирования, но в России он пока недооценён, несмотря на то, что потенциал его очевиден. Лизинг объединяет в себе сразу несколько решений: аренда, рассрочка и кредит. Что это значит? При лизинге имущество покупает не сам владелец, а лизинговая компания. При этом клиент сам выбирает имущество. С продавцом заключается договор, согласно которому компания вносит предоплату и передает клиенту имущество в пользование. В соответствии с условиями договора, клиент на протяжении установленного срока

вносит платежи за пользование, одновременно погашая задолженность. Таким образом, в конце срока клиент может выкупить имущество за чисто символическую плату.

Почему же лизинг выгоднее других финансовых инструментов?

► Обладая рядом преимуществ,

лизинг является доступным способом обновления основных средств компании – несмотря на переплату по сравнению с покупкой за собственные средства. Имущество, приобретённое в лизинг, окупает себя и начинает приносить доход ещё до погашения всех лизинговых платежей.

► Компания может получить предварительное одобрение и информацию о возможности работы с лизинговой компанией, предоставив минимальную информацию – данные о финансовом состоянии.

► Компании не требуется значительного одновременного выведения из оборота денежных средств. Достаточно оплатить авансовый платеж.

► Если же Клиент – физическое лицо или ИП на упрощенной системе налогообложения (УСН), то он не может использовать все налоговые преимущества лизинга. В данном случае лизинг будет ему выгоден, если он воспользуется спецпрограммой с пониженным или нулевым удорожанием.

► В плане удобства – все вопросы по лизинговой сделке решаются лизинговой компанией намного быстрее. Лизинговая компания подходит к решению большинства вопросов более гибко, что может позволить себе далеко не каждый банк.

► Лизинговая компания составляет график платежей, учитывая при этом пожелания клиента. Это обеспечивает более приемлемые условия погашения. При необходимости можно рассчитать график платежей с учётом сезонности бизнеса лизингополучателя. А если лизингополучатель хочет раньше погасить долг, то договор может быть закрыт досрочно – необходимо лишь представить письменное уведомление. На основании запроса лизинговая компания подготовит дополнительное соглашение с новым графиком платежей. Как правило, в результате досрочного выкупа сумма договора лизинга уменьшается.

► Важнейшим преимуществом лизинга являются налоговые льготы для лизингополучателя, закреплённые законодательно. Они позволяют планировать и оптимизировать затраты компании, уменьшая выплаты по налогу на прибыль. Дополнительно клиент при приобретении оборудования в лизинг применяет ускоренную амортизацию, которая убыстряет процесс возврата собственных инвестиций, а это в конечном итоге повышает рентабельность собственного капитала и бизнеса в целом.

► Предмет лизинга, в соответствии с условиями договора лизинга, может быть учтён как на балансе лизинговой компании, так и на балансе лизингополучателя.

Табл. 1. Основные отличия между лизингом, кредитом и собственными средствами

Наименования статьи	Лизинг	Кредит
Удорожание в год	5-14%	12-18%
Страховка	Включено в удорожание (льготная ставка 5-7%)	7-10%
Оплачивает страховку	Лизинговая компания	Своими силами
Налог на имущество	Включено в удорожание, (льготная ставка 1,1%) уменьшение за счет ускоренной амортизации	2,2%
Оплачивает налог на имущество	Лизинговая компания	Своими силами
Срок амортизации имущества	25-30 месяцев	74-90 месяцев
Коэффициент ускоренной амортизации	1,1 - 3	Нет
Срок оформления сделки	3-14 дней	1-3 месяца
НДС уплаченный, возмещаемый из бюджета	НДС от общей суммы договора лизинг	НДС от стоимости оборудования, НДС с уплаченных процентов по кредиту не возмещаются
Платежи, относящиеся на себестоимость	Лизинговые платежи в полном объеме	Только платежи % * по кредиту, начисленная амортизация
Остаточная стоимость имущества через 25 месяцев, в процентах от первоначальной стоимости	0%	66%
Обеспечение	Аванс 10-30%	Ликвидное имущество должно в 1,5-2 раза превышать сумму самого кредита
Отражение в балансе (улучшение или ухудшение)	Лизинг в отличие от кредита не увеличивает кредиторскую задолженность предприятия*** и не ухудшает инвестиционную привлекательность	Использование кредита приводит к значительному увеличению кредиторской задолженности**, что негативно сказывается на инвестиционной привлекательности предприятия

* затратами признаются проценты в размере, не превышающем более чем на 20% среднюю ставку по аналогичным обязательствам, при отсутствии информации о сопоставимых долговых обязательствах предельная величина процентов, признаваемых расходами, принимается равной ставке рефинансирования Банка России, увеличенной в 1,1 раза, — если обязательство выдается в рублях, и равной 15%, если обязательство выдается в валюте (п.1 ст.269 НК РФ)

** сумма основного долга (тело кредита) и сумма начисленных процентов отражаются в бухгалтерской отчетности предприятия в полном размере.

*** кредиторская задолженность отражается в бухгалтерской отчетности предприятия по мере начисления лизинговых платежей

Источник: Единая лизинговая справочная

► Безусловно, главным показателем эффективности лизинга для бизнеса будет увеличение чистой прибыли компании после начала использования оборудования, приобретённого на условиях финансовой аренды.

Приобретая имущество в лизинг, предприятия получают массу преимуществ перед покупкой в кредит или арендой. Лизинг позволяет вести бизнес эффективно, получать максимум прибыли и выгодно инвестировать финансовые средства.

Рассмотрим основные отличия между лизингом, кредитом и собственными средствами.

Одним из важных рычагов развития лизинговых операций является государственная поддержка малого и среднего

бизнеса как перспективного участника лизингового рынка.

Участие в государственных программах по субсидированию помогает предприятиям получать возмещение по уже осуществленным затратам, сводя к нулю переплату по лизингу.

В итоге, уникальность и несомненное преимущество лизинга заключается в гибкости и индивидуальных решениях для каждого клиента. Немаловажным фактором в принятии решения является то, что за время эксплуатации спецоборудования сумма денежных средств в результате покрывает все финансовые вложения и лизинговые выплаты (с учетом удорожания), а в большинстве случаев ещё и принесёт дополнительный доход лизингополучателю.



Основные условия финансирования:

- Аванс - от 20%
- Срок лизинга - 12-37 месяцев
- Поручительство учредителя компании
- Сумма финансирования - от 300 тыс. руб.
- Предмет лизинга - грузовой и легковой автотранспорт, спецтехника, оборудование

Сотни предпринимателей и организаций по всей России воспользовались доступными и удобными лизинговыми продуктами нашей компании

Москва | ул. Электрозаводская, д.24 | оф.216 | тел: (495) 737-67-63 | e-mail: info@nlkleasing.ru
сайт: www.nlkleasing.ru

**ПРОСТОЕ и БЫСТРОЕ
ФИНАНСИРОВАНИЕ
МАЛОГО БИЗНЕСА –
РЕЗУЛЬТАТ МНОГОЛЕТНЕЙ РАБОТЫ
«НАЦИОНАЛЬНОЙ ЛИЗИНГОВОЙ КОМПАНИИ»**

