

Создание хладостойких конструкционных материалов для Арктики. История, опыт, современное состояние



Е. И. Хлусова,
д. т. н., профессор, зам. начальника НПК
Npk-3@crism.ru



О. В. Сыч,
к. э. н., начальник сектора
Npk-3@crism.ru

НИЦ «Курчатовский институт» – ЦНИИ КМ «Прометей»

В статье представлены история, опыт и современное состояние развития хладостойких сталей в России. Изложены основные проблемы разработки материалов для освоения арктических месторождений, транспортировки углеводородов и создания инфраструктуры в Арктической зоне. Обозначены перспективные направления развития исследований.

Ключевые слова: Арктика, хладостойкие стали, листовой прокат, трубы большого диаметра, национальные стандарты, перспективы применения.

Прогресс в области материалов определяет историческое развитие человеческого общества. Применение новых материалов всегда приводило к скачкообразному развитию общества: переход от каменного века к бронзовому, затем к железному. Многие, казалось бы, фантастические идеи стали реальностью: полеты в космос, освоение мирового океана, создание лазеров, телевидение, мобильная связь. Сейчас мы находимся на этапе перехода к новому технологическому укладу, основанному на применении наноматериалов и нанотехнологий. Идет развитие «интеллектуальных» материалов с управляемыми свойствами. Не за горами тот день, когда можно будет производить атомно-молекулярную «сборку» устройств и систем, миниатюрных роботов, восстанавливать поврежденные элементы и детали сложных конструкций за счет самозалечивания. Следует иметь в виду, что новые научные достижения в этой области возможны только на стыке наук: материаловедения, физики, биологии и информационных технологий. Можем ли мы предсказать, каким будет развитие материалов через 20-30 лет?

В настоящее время конструкционные материалы представляют собой конструкционные стали, титановые и алюминиевые сплавы, полимеры, керамика, композиты, специальные материалы для радиоэлектронной техники и др. Они отличаются прочностью, пластич-

ностью, коррозионной стойкостью, специальными физическими свойствами, надежностью и широко используются в разных областях техники:

- при низких и высоких температурах;
- при воздействии различных агрессивных сред;
- при разнообразных нагрузках — статических, динамических, циклических.

Создание новых уникальных материалов со специальными свойствами определяет темп развития технологий. Рынок устанавливает жесткие правила по конкуренции и экологичности производств. Современные конструкционные материалы должны обладать большей удельной прочностью, а их стоимость должна быть все ниже.

Несмотря на широкое использование цветных металлов и неметаллов, основными все еще остаются сплавы на основе самого уникального элемента во вселенной — железа. Тенденции современной металлургии ориентированы на снижение ресурсоемкости и повышение энергоэффективности технологических процессов производства материалов на основе железа, обеспечение повышения качества жизни человека.

Конечно, конструкционные стали массового назначения, работающие в условиях воздействия низких и высоких температур, статических, динамических и циклических нагрузок, не могут быть полноценно

заменены альтернативными конструкционными материалами.

Одними из первоочередных задач в ближайшее время являются — освоение Арктики, космоса, морских глубин. Особое внимание должно быть обращено на повышение обороноспособности, защиты от терроризма, предотвращение техногенных катастроф, развитие альтернативной экологически безопасной энергетики.

Россия является самым крупным приполярным государством. К сожалению, в перестроечные времена прекратилось развитие приарктических регионов. В то же время, арктические территории имеют очень высокую обеспеченность запасами природных ресурсов. В частности, запасы нефти и газа на шельфе Арктики огромны, по существующим предположениям они могут достигать 25% от общемировых.

На уже открытые морские месторождения углеводородов приходится около трети всех отечественных запасов голубого топлива. Однако добыча ведется пока лишь на нескольких из уже открытых месторождений. При этом в мире морская добыча нефти составляет 35% от общих объемов производства, газа — 32%.

Многие страны уже приступили к активной разработке крупных месторождений углеводородов в морских акваториях Арктики для наращивания своего экономического, политического и военного присутствия в этом регионе с экстремальными климатическими условиями. Их деятельность в Арктике основана на использовании передовых достижений науки и техники.

В связи с этим современное развитие России, как определено президентом и правительством, будет связано с развитием Арктики, а значит, с созданием инновационных технологий для добычи, транспортировки нефти и газа в Арктике и их переработки. В этом заключается экономическая и политическая безопасность государства.

Однако освоение природных ресурсов в Арктике затруднено из-за удаленности территорий от основных промышленных и населенных центров, низкой плотности населения, недостаточного уровня развития современных материалов и технологий и промышленной инфраструктуры. Эта проблема особенно актуальна для месторождений континентального шельфа Баренцева, Печорского и Охотского морей, где природно-климатические условия отличаются особой суровостью.

Создание материалов для арктических конструкций сопряжено с решением целого ряда технических проблем, связанных с экстремальными условиями работы материалов: низкие температуры до $-40...-50^{\circ}\text{C}$, статические, циклические и динамические нагрузки от ветра, волн, возможных землетрясений и воздействий ледовых полей, коррозионно-механическое и эрозивное воздействие морской воды и льда, воздействие нагрузок, в том числе вибрационных, вызванных эксплуатацией нефтебурового оборудования самих платформ и примыкающих трубопроводов.

Новые материалы и технологии нужны для буровой техники, ледокольного флота, плавучих и стационарных морских платформ, танкеров и судов-

газовозов, трубопроводного транспорта, хранилищ углеводородов, корпусов транспортных ядерных установок, плавучих атомных станций, морских ледостойких терминалов, причалов, ремонтных баз, а также крановых и краново-монтажных судов большой грузоподъемности и других промышленных конструкций.

Транспортировка углеводородов будет осуществляться на север, юг, запад и восток. Ведь для того, чтобы развивать северные и дальневосточные регионы нашей страны, в первую очередь, их надо обеспечить энергоносителями. При этом устойчивый рост экономики приполярных регионов возможен только на основе внедрения новых малозатратных технологий, направленных на снижение трудо- и ресурсоемкости продукции Арктической зоны.

Новые задачи всегда интересны для ученых. С 1950-х гг. лидером работ по созданию хладостойких материалов для мощных ледоколов и нефтегазодобывающих платформ является государственный научный центр «Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов «Прометей»» (ныне НИЦ «Курчатовский институт» — ЦНИИ КМ «Прометей»). Практически все действующие арктические конструкции изготовлены из конструкционных материалов, разработанных ЦНИИ КМ «Прометей». Это серия высокопрочных хладостойких свариваемых сталей, многие из которых еще в прошлом веке нашли свое применение в проектах ПБУ типа «Шельф», «Каспий», корпусах атомных ледоколов «50 лет Победы», «Таймыр» и «Вайгач».

В 1980-е гг. создана серия сталей марок АБ с пределом текучести до 690 МПа, которые по своим характеристикам — хладостойкости, свариваемости, коррозионной стойкости, работоспособности и другим важнейшим показателям значительно превосходят лучшие мировые образцы. Стали марок АБ обеспечивают сварку без подогрева в любых климатических условиях. В необходимых случаях возможна сварка даже при отрицательных температурах, что способствует успешному применению их для строительства крупногабаритных сварных конструкций на открытом воздухе. Повышение хладостойкости и трещиностойкости этих сталей достигалось преимущественно за счет дополнительного легирования дорогостоящим химическим элементом — никелем в сочетании с медью, хромом и молибденом и совершенствования режимов термической обработки (заковки с отпуском) [1]. Однако повышение уровня легирования и использование энергозатратных технологических процессов термоулучшения приводило к существенному росту себестоимости материалов, что значительно удорожает строительство сварных конструкций для добычи углеводородов на арктическом шельфе в связи с огромной материалоемкостью.

В условиях развития современной качественной металлургии совместно с заводами ПАО «Северсталь», ООО «ОМЗ-Спецсталь», ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» специалистами института для производства высокопрочных сталей разработаны современные энергосберегающие технологии производства, при которых за счет внепечной рафинирующей обработки и вакуумирования удается получить

особо чистый металл, обеспечивающий высокую пластичность в направлении толщины листа (z -свойства) и вязкий излом крупногабаритных технологических проб.

При создании этих сталей особое внимание обращалось как на повышение свариваемости с целью снижения трудоемкости строительства конструкций, так и на создание более экономичных технологий производства, которые широко развиваются и в настоящее время, способствуя снижению себестоимости продукции. Стали марок АБ нашли широкое применение в морской технике и в различных отраслях промышленности.

Для разведывательных и добывающих морских буровых платформ, располагающихся на шельфе северных морей, покрытых толстыми дрейфующими ледяными полями, конструкций арктической инфраструктуры, а также средств транспортировки углеводородов — магистральных трубопроводов, эксплуатирующихся в экстремальных условиях вечной мерзлоты (в том числе при сверхнизких температурах до -60°C), уже в начале XXI века были разработаны и освоены в промышленном высокопрочные хладостойкие стали с особым уровнем свойств, обеспечить которые удалось при создании наноструктурированных состояний в их внутренней структуре.

Эта задача была решена в 2006 г. в рамках первого для нашего института важнейшего инновационного проекта государственного значения «Металл» при финансовой поддержке Минобрнауки России [2].

Проект наиболее металлоемкой конструкции — морской ледостойкой нефтегазодобывающей плат-

формы «Приразломная» является пионерским для России, никогда прежде конструкции такого масштаба не создавались в нашей стране. Конструкция состоит (рис. 1) из опорного основания (нефтехранилища размером почти с футбольное поле), которое опирается на морское дно и завершается ледовым поясом, где происходит соприкосновение со льдами, верхней части опорного блока и верхнего строения, испытывающего действие самых низких температур арктического региона. Для строительства такой платформы требуется около 100 тыс. т листового проката из стали различных категорий прочности и хладостойкости. Очевидно, что в этом случае стоимость стали является одним из важнейших факторов при выборе материалов.

При постановке задачи проекта появилась дерзкая идея — перейти, где это возможно и целесообразно, на термомеханическую обработку вместо традиционной дорогостоящей закалки с отпусканием. Следует отметить, что не всеми эта идея была воспринята с пониманием. Несмотря на то, что за рубежом термомеханическая обработка внедрялась еще с 1950-х гг., в России она не применялась из-за отсутствия высокотехнологичного оборудования и казалась практически неосуществимой для производства листового проката толщиной более 20 мм. Для этого требуются мощные прокатные станы, позволяющие выполнять двухстадийную прокатку с заданными термомеханическими параметрами, в том числе при низких температурах, то есть при повышенном сопротивлении металла пластической деформации, и охлаждающие устройства с контролируемыми режимами охлаждения сразу за станом, позволяющие



Рис. 1. Макет морской ледостойкой стационарной платформы «Приразломная»

равномерно и быстро снижать температуру металла и поддерживать ее в строго заданном интервале. В совокупности это и создает эффект термомеханической обработки, наиболее глубоко и обстоятельно описанный М. Л. Бернштейном еще в начале 1950-х гг.: если быстрым охлаждением зафиксировать внесенные при пластической деформации дефекты кристаллического строения, то можно обеспечить рост прочностных характеристик одновременно с повышением вязкости стали, не изменяя уровень ее легирования.

К решению этой проблемы были подключены все ведущие научные институты страны: ЦНИИ Чермет им. И. П. Бардина, который уже обладал опытом создания трубных сталей контролируемой прокаткой, Институт металлургии РАН им. А. А. Байкова, Институт физики металлов Уральского отделения Российской академии наук, Санкт-Петербургский политехнический университет и ряд других. По сути говоря, был создан научно-производственный консорциум, а для решения всех технических и производственных проблем, возникающих при строительстве морских арктических конструкций, был создан Координационный совет. Это способствовало успеху при решении действительно сложных задач отечественной промышленности.

К настоящему времени поставлено более 80 тыс. т листового проката из хладостойких сталей для ледостойкой стационарной буровой платформы «Приразломная» (рис. 2, а), которая уже успешно функционирует; самоподъемной буровой установки «Арктическая» (рис. 2, б); платформ «MOSS», «Сахалин-2», терминала «Варандейский».

При выполнении проекта «Металл» наряду со сталями судостроительных марок была создана трубная сталь марки АБ12 повышенной надежности для эксплуатации в сейсмически опасных и горных райо-

нах Восточной Сибири и Дальнего Востока. Следует сказать, что впервые для российской промышленности на АО «Выксунский металлургический завод» были изготовлены трубы с толщиной стенки 40 мм, отвечающие самым современным требованиям. Полигонные испытания труб с нанесенным острым надрезом гидравлическим давлением показали их высокую эксплуатационную надежность.

Это придало уверенности при выдвижении в 2007 г. важнейшего инновационного проекта государственного значения «Магистраль», который был направлен на разработку новых конкурентоспособных хладостойких сталей классов прочности от X70 до X100 для труб магистральных газо- и нефтепроводов для эксплуатации в северных и арктических регионах [3]. Идея этого проекта очень долго вынашивалась. В 2005 г., когда он был задуман, казалось, что вряд ли в ближайшие 10 лет появится востребованность таких высокопрочных сталей, но реальные потребности развивались куда более быстрыми темпами.

Такие стали никогда раньше не производились в нашей стране, а импортные или отечественные трубы, из которых строились трубопроводы, не отличались высоким качеством. Об этом свидетельствовали вновь и вновь возникающие аварии на трубопроводах — за последние 40 лет их было более 2200! Основной причиной разрушений были коррозионно-механические повреждения, а риск техногенных катастроф возрастал при прокладке труб в заболоченной местности, горных районах, при температурах ниже -10°C .

Поэтому основной задачей было создать высококачественные материалы для труб, у которых срок эксплуатации исчислялся бы десятками лет в самых экстремальных условиях. Это предотвращает экологические катастрофы, повышает срок безремонтной службы и исключает импорт.



а



б

Рис. 2. Применение высокопрочных хладостойких сталей:
а — МЛСП «Приразломная»; б — СПБУ «Арктическая»

Трубы с толщиной стенки от 20 до 40 мм за рубежом практически не используются и поэтому не производятся. А учитывая исконно «русский размер» — диаметр 1420 мм и сложные условия прокладки и эксплуатации трубопроводов на севере России, всерьез рассчитывать на зарубежных производителей, да еще с решением задачи освоения производства за столь короткий срок, тогда не приходилось.

ОАО «Газпром» предъявил в спецификации на трубы класса прочности K65 (X80) для нового газопровода «Бованенково-Ухта» невероятно жесткие требования, особенно по вязкости и хладостойкости стали (по нормативным требованиям к результатам испытаний работы удара на малых образцах) — в несколько раз выше, чем для прежних проектов. Старые наработки по технологическим процессам изготовления заготовки для труб (штрипса) были не применимы, результаты не отличались стабильностью.

ЦНИИ КМ «Прометей» в рамках проекта «Магистраль» (при поддержке Минобрнауки России) предложил новые технологические подходы, все идеи были опробованы в опытно-промышленном производстве, а результативные — были отработаны по всем параметрам для создания сквозных технологических процессов производства в цепочке «сталь—штрипс—труба», начиная от выплавки и заканчивая новыми требованиями к оценке качества. В кратчайший срок удалось освоить производство стали K65 толщиной до 27,7 мм для нового проекта газопровода, проверить и убедиться в качестве труб при полигонных испытаниях. Новые трубы прошли комплексные государственные испытания, которые показали, что разработанная сталь может использоваться не только для наземных трубопроводов, но и для подводных, а также для нефтяных, и удовлетворяет всем требованиям зарубежной нормативной документации.

За 4 года проекта были созданы технологии производства широкой номенклатуры сталей для труб класса прочности до X100 с совершенно новыми эксплуатационными характеристиками, которые удовлетворяют самым взыскательным требованиям наших потребителей.

Конкуренция на этом рынке огромная, в связи с чем приходится постоянно совершенствовать технологические процессы, чтобы снижать себестоимость продукции, не ухудшая ее качество. Необходимо было также решить вопросы сварки новых высокопрочных труб: выбора оптимальной погонной энергии, обеспечения равнопрочности, вязкости и хладостойкости сварного соединения, ремонтпригодности трубопроводов. Все это стало возможным с привлечением широкого круга ученых и специалистов.

Работа в рамках проекта показала возможность объединения нескольких научных школ, проектных и конструкторских организаций России, а также ведущих изготовителей металлопродукции для решения общей задачи — обеспечения приоритета России на рынке высокотехнологичной трубной продукции для арктического применения.

Благодаря совместным усилиям стало возможно широкомасштабное внедрение новых конкурентоспособных технологий, которые обеспечивают снижение

себестоимости листового проката за счет экономного легирования (без добавления таких дорогостоящих легирующих элементов, как никель) при одновременном повышении прочности, вязкости, хладостойкости и трещиностойкости листового проката. Легирующие элементы способствуют повышению прочностных характеристик и улучшению хладостойкости стали, однако ухудшают ее свариваемость и значительно удорожают продукцию.

Если не добавлять легирующие элементы, существует только один способ повысить характеристики стали — максимально измельчить ее структуру [4, 5]. Технологические параметры при производстве новых сталей были выбраны так, чтобы измельчить зерно по сравнению с традиционными сталями в 10 раз! Но и в этом случае есть трудности — когда повышается прочность стали, неизбежно снижается ее пластичность. При выполнении проекта впервые удалось реализовать в промышленности (так еще никто не делал!) способ «дробления» зерна на еще более мелкие фрагменты.

Конечно, все эти вопросы могли быть решены только при совместном участии ведущих специалистов НИИ, заводских технологов и исследователей, имеющих мощную поддержку в виде государственного финансирования.

Проект дал мощный толчок развитию высокотехнологичных производств в России. Во-первых, стремление ослабить конкуренцию заставляет ведущие металлургические предприятия модернизировать свое производство. За прошедшие несколько лет построен суперсовременный стан на Магнитогорском металлургическом комбинате, новая производственная линия на Челябинском трубопрокатном заводе — первый проект отечественной «белой» металлургии, основанный на инновациях и максимальной автоматизации процессов, с новыми условиями труда, соответствующими международным стандартам. Вступил в строй третий стан «5000» на Выксунском металлургическом заводе, модернизируется трубное производство других заводов. Сокращается импорт труб и расширяется внутреннее потребление наукоемкой продукции. Это способствует реализации столь актуальной в настоящее время программы правительства РФ, направленной на развитие импортозамещения.

Модернизированное оборудование заводов позволит производить и другую более качественную продукцию для судостроения, машиностроения, топливно-энергетического комплекса: широкий и длинный листовой прокат позволяет сократить объемы сварки и затраты на монтаж в целом.

Обеспеченность голубым топливом самых удаленных районов России повысит и качество жизни, и позволит создать производства по глубокой газонефтепереработке и в нефтехимии. Произойдет миграция населения в северные и дальневосточные регионы, тем самым будет обеспечено их развитие, повышение занятости и развитие предпринимательства. Снизится зависимость хозяйственной деятельности и жизнеобеспечения населения от северного завоза (топлива, продовольствия, товаров первой необходимости,

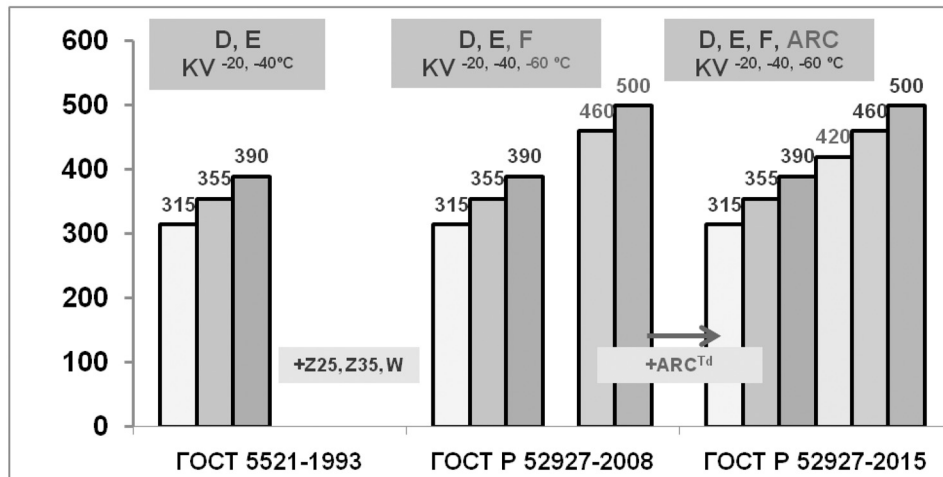


Рис. 3. Развитие требований к судостоям: серым показано введение в нормативную документацию сталей новых категорий прочности (цифры у столбиков — гарантированный предел текучести, МПа), хладостойкости (требования к определению работы удара KV при соответствующих температурах), с дополнительными индексами Z, W, Arc

строительных материалов). В целом все это будет способствовать социальному развитию ускоренными темпами, увеличению доли среднего класса и улучшению демографической ситуации.

На текущем этапе наиболее значимыми с точки зрения обеспечения строительства новой морской техники экономичными материалами расширенного сортамента (толщиной до 100 мм) являются вопросы гарантированного обеспечения характеристик работоспособности судостроительных хладостойких сталей различной прочности при снижении затрат на их производство.

Более чем 15-летний, с начала 2000-х гг., опыт производства судостроительных сталей с использованием термомеханической обработки показал, что зачастую при получении годных сдаточных механических свойств, при сертификационных испытаниях не удается получить удовлетворительные характеристики работоспособности (по температурам вязкохрупкого перехода на крупногабаритных пробах — $T_{кб}^1$, нулевой пластичности NDT² и критическому раскрытию в вершине трещины CTOD) с учетом заданной температуры эксплуатации. Данные испытания ранее проводились при сертификации с целью расширения возможности применения разработанных материалов для наиболее ответственных элементов конструкций (как того требует Российский морской регистр судоходства — РМРС) [6, 7].

В 2012 г. Российским морским регистром судоходства помимо требований к сталям, работающим при низких температурах (категории хладостойкости F), введены в действие требования к новым сталям с индексом «Arc». Согласно редакции 2017 г. «Правил...» РМРС, «Arc» — символ, добавляемый к обозначению марки стали, для которой выполнен комплекс ис-

пытаний по программе РМРС с целью определения дополнительных характеристик хладостойкости и трещиностойкости, удовлетворяющих соответствующим требованиям, предъявляемым к сталям улучшенной свариваемости. Рядом с индексом «Arc» указывается расчетная (минимальная) температура эксплуатации материала T_d (без знака «-»), до которой сталь может быть использована для любых конструктивных элементов без ограничений.

Как известно, стали без индекса «Arc» категорий хладостойкости D, E, F, широко освоенные на российских заводах, обеспечивают гарантированное отсутствие хрупких разрушений по результатам испытаний на ударный изгиб (KV) при -20, -40, -60 °C в ограниченной области температур и толщин. Новые стали с индексом «Arc» могут применяться без ограничений в условиях Арктики для любых конструктивных элементов до минимальной расчетной температуры эксплуатации T_d и не имеют аналогов в мире.

Новые требования к сталям с дополнительным индексом «Arc» отражены и в Национальном стандарте РФ ГОСТ Р 52927-2015, который заменил старый стандарт на поставку судостали ГОСТ 5521-93 (рис. 3). Однако до недавнего времени такие технологии отсутствовали на российских заводах.

В рамках выполненных институтом проектов «Ледоход» и «Арктическая сталь» при финансовой поддержке Минпромторга России предложен комплексный подход по разработке требований к выбору рационального легирования, микролегирования и формированию заданной структуры допустимой степени неоднородности и анизотропии по всей толщине листового проката категории прочности от 315 до 750 МПа хладостойких сталей для Арктики,

¹ $T_{кб}$ — критическая температура хрупкости, при которой в изломе образца натурной толщины с концентратором в виде надреза при трехточечном статическом изгибе до разрушения наблюдается не менее 70% волокнистой составляющей.

² NDT — критическая температура хрупкости («температура нулевой пластичности»), определяемая как максимальная температура, при которой происходит разрушение образца стандартных размеров с хрупкой наплавкой и инициирующим трещину надрезом при ударном нагружении.

в том числе с индексом «Агс», — к оценке ключевых количественных параметров структуры и их максимально допустимой разницы по толщине для листов до 50 мм, обеспечивающих получение гарантированных характеристик прочности, хладостойкости и трещиностойкости [8]. Получены патенты на новые материалы.

Проведенные исследования значительно расширяют представления о взаимосвязи особенностей композиции легирования со структурой и свойствами низко- и экономнолегированных сталей, полученных при различных термомеханических схемах обработки.

На основании выполненных исследований разработан комплекс научно-технологических приемов применительно к различным технологическим процессам (термомеханической обработки с ускоренным охлаждением, закалки с прокатного и отдельного печного нагрева с высокотемпературным отпуском), обеспечивающий формирование структуры допустимой степени неоднородности и анизотропии по различным морфологическим и кристаллографическим параметрам по толщине листового проката для сталей категорий прочности 315, 355, 390, 500, 620, 690 и 750 МПа, в том числе с индексом «Агс», для Арктики [9].

Разработанные материалы уже использованы для строительства ледокольного флота, морской и инженерной техники (в том числе, судов ледового плавания, ледостойких морских платформ, а также подъемно-транспортного оборудования, обеспечивающего разведку и освоение нефтегазовых месторождений, территорий береговой линии), которые эксплуатируются в арктических условиях. За период 2010-2018 гг. осуществлены поставки порядка 500 тыс. т высококачественного металлопроката из хладостойких марок стали с гарантированным пределом текучести от 315 до 690 МПа по различным заказам ведущих судостроительных предприятий РФ [10].

Хладостойкий листовой прокат используется для строительства крупнейших в мире атомных ледоколов проектов «Арктика», «Сибирь» и «Урал», дизель-электрического ледокола проекта Aker ARC 130 A, а также самого большого в мире многофункционального линейного дизель-электрического ледокола «Виктор Черномырдин» и других судов. Это подчеркивает высокую практическую значимость для обеспечения приоритета РФ на рынке низкоуглеродистых свариваемых марок стали для арктического применения.

Новые высоконадежные хладостойкие стали категорий прочности 315-750 МПа с индексом «Агс», отвечающие современным требованиям «Правил...» РМРС-2017 и основного национального стандарта на поставку судостроительных сталей — ГОСТ Р 52927-2015, предполагается использовать при проектировании и обеспечении материалами строительства сложной морской техники арктического назначения на ПАО «Выборгский судостроительный завод», АО «Балтийский завод», ПАО «Северная верфь», АО «Адмиралтейские верфи», АО «ПО «Севмаш»,

АО «Дальневосточный завод «Звезда», в том числе при строительстве заказов, подведомственных не только Росийскому морскому регистру судоходства.

В настоящее время требования Росийского морского регистра судоходства распространяются и на стали более высоких категорий прочности — с гарантированным пределом текучести 890 и 960 МПа. При этом резко ограничен углеродный эквивалент для этих сталей, который косвенно оценивает их свариваемость, а также уровень легирования. На решение задачи обеспечения отечественного судостроения всей оставшейся линейкой категорий прочности «Агс»-стали (420, 460, 890 и 960 МПа), предусмотренной новыми требованиями «Правил...» РМРС-2017 вплоть до самых высокопрочных, направлена ОКР «Арктическая сталь-2». В этом проекте, который закончится в 2020 г., будут реализованы в промышленности самые современные технологические приемы, позволяющие создать хладостойкие стали с гарантированной работоспособностью, высокопрочные хладостойкие стали.

В дальнейшем необходимо выполнить работы по унификации химических составов сталей различного назначения (судостроительных, строительных, трубных, для нефтехимического машиностроения) в направлении их разлегирования. Свойства таких сталей достигаются только за счет технологических воздействий благодаря сбалансированному легированию и комплексному микролегированию. Это позволит, повысив потребительские свойства, одновременно существенно сократить сроки и издержки производства, обеспечить работой малые и средние предприятия за счет выполнения малотоннажных заказов различных потребителей — три в одной плавке, пять в одной плавке.

На повестке дня создание кардинально новых технологических процессов в промышленности:

- бездоменного производства с применением металлизированных брикетированных окатышей;
- создание композитных и керамических материалов;
- прямое изготовление крупных металлических и неметаллических продуктов непосредственно из порошковых материалов.

Отдельное, практически прорывное направление — специальная обработка поверхности материалов, использование покрытий для обеспечения требуемых характеристик только поверхности материалов. Это позволяет придавать совершенно обычным материалам принципиально новый уровень свойств и изменить их качества при умеренной стоимости.

В связи с активным развитием арктического шельфа и северных регионов добычи полезных ископаемых возрастает и потребность в новых видах техники и, следовательно, требуются хладостойкие стали, разработкой которых ЦНИИ КМ «Прометей» занимается уже почти 80 лет. Институт обладает самыми современными методиками, испытательной базой и технологиями, которые будут рекомендованы для применения в промышленности в ближайшем будущем.

Список использованных источников

1. В. А. Малышевский, Т. Г. Семичева, Е. И. Хлусова. Новые корпусные стали для судостроения//Судостроение. 2004. № 5 (756). С. 107-110.
2. В. В. Рыбин, В. А. Малышевский, Е. И. Хлусова. Инновационный проект по созданию и освоению технологий производства хладостойких материалов для арктического шельфа//Инновации. № 5 (72). 2004. С. 57-59.
3. А. С. Орыщенко, В. А. Малышевский, А. В. Ильин, Е. И. Хлусова. Стали для магистральных трубопроводов//Бизнес и инновации. 2013, январь. С. 68-71.
4. И. В. Горынин, В. В. Рыбин, В. А. Малышевский, Е. И. Хлусова. Хладостойкие стали для технических средств освоения арктического шельфа//Вопросы материаловедения. 2009. № 3 (59). С. 108-126.
5. В. В. Орлов. Принципы управляемого создания структурных элементов наноразмерного масштаба в трубных сталях при значительных пластических деформациях//Вопросы материаловедения. 2011. № 2 (66). С. 5-17.
6. М. А. Гусев, А. В. Ильин, А. В. Ларионов. Сертификация судостроительных материалов для судов, эксплуатирующихся в условиях Арктики//Судостроение. 2014. № 5 (816). С. 39-43.
7. О. В. Сыч, М. А. Гусев, В. К. Башаев, Г. Д. Мотовилина, В. В. Рябов. Хладостойкость высокопрочной легированной стали с пределом текучести 500 МПа//Научно-технический сборник Российского морского регистра судоходства. 2014. Вып. № 37. С. 29-38.
8. О. В. Сыч. Научно-технологические основы создания хладостойких сталей с гарантированным пределом текучести 315-750 МПа для Арктики. Ч. 1. Принципы легирования и требования к структуре листового проката//Вопросы материаловедения. 2018. № 3 (95). С. 22-47.
9. О. В. Сыч. Научно-технологические основы создания хладостойких сталей с гарантированным пределом текучести 315-750 МПа для Арктики. Ч. 2. Технология производства, структура и характеристики работоспособности листового проката//Вопросы материаловедения. 2018. № 4 (96). (В печати.)
10. О. В. Сыч, Е. И. Хлусова, М. В. Голубева, М. А. Гусев и др. Разработка и внедрение технологий производства хладостойкого металлопроката для ледокольного флота, морской и инженерной техники, эксплуатирующейся в Арктике//Сборник лауреатов Международного конкурса научных, научно-технических и инновационных разработок, направленных на развитие и освоение Арктики и континентального шельфа в рамках Международной конференции и выставки по освоению нефти и газа Российской Арктики и континентального шельфа стран СНГ (RAO/CIS Offshore), г. Санкт-Петербург, 12-15 сентября 2017 г. С. 31-33.

Creation of cold-resistant structural materials for the Arctic. Background story, application experience and present-day situation

E. I. Khlusova, doctor of technical sciences, professor, deputy head.

O. V. Sych, PhD, head of sector.

(NRC «Kurchatov Institute» – CRISM «Prometey»)

The present paper analyses the background story, application experience and modern development of cold-resistant steels in Russia. It also studies major challenges of materials development for the Arctic oil and gas deposits exploration, transportation and infrastructure creation in the region. Promising ways of investigation development are specified.

Keywords: the Arctic, cold-resistant steels, rolled sheets, pipes of major diameter, national standards, application prospects.

7 декабря 2018 года в Санкт-Петербурге на площадке «Центра импортозамещения и локализации» состоится научно-практическая конференция «Цифровая экономика – цифровое пространство. Региональный аспект»

Организатор мероприятия: Центр кластерного развития АО «Технопарк Санкт-Петербурга» при поддержке Комитета по промышленной политике и инновациям Санкт-Петербурга.

Центральными вопросами межрегиональной конференции станут:

- адаптация власти и бизнеса Санкт-Петербурга и регионов к цифровой трансформации;
- кадровая политика и компетенции в цифровом мире применительно к Санкт-Петербургу и регионам;
- проблемы отраслей экономики региона, находящихся на пороге цифровой трансформации и внедрения высоких технологий.

К участию в конференции приглашены представители органов государственной власти и бизнеса, как вице-губернатор Санкт-Петербурга Сергей Мовчан, директор Департамента стратегического развития и инноваций Минэкономразвития России Артем Шадрин, президент НП РУССОФТ Валентин Макаров, генеральный директор ОАО «Авангард» Владимир Мельников и многие другие. Они расскажут, что может дать цифровая трансформация региона, как инновационные технологии становятся драйвером развития, какими компетенциями должны обладать специалисты, занятые в различных отраслях промышленности при переходе к цифровой экономике, а также познакомят вас с реальными кейсами трансформации бизнеса.

Участие в мероприятии бесплатное.

Место проведения: г. Санкт-Петербург, Большой проспект В. О., д. 103.

Выставочный комплекс «Ленэкспо», павильон № 4. Центр импортозамещения и локализации.

Подробная информация, программа мероприятия и регистрация на официальном сайте:

<https://digit-conf.ru>.