

ОСОБЕННОСТИ АРКТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ

Развитие цивилизации зависит от имеющихся в ее распоряжении материалов

Дж.П. Томсон

Слова нобелевского лауреата полностью актуальны в отношении освоения Арктики, для чего нужны материалы, обеспечивающие длительное и надежное функционирование механизмов, сооружений в суровых условиях. Особенности арктического климата по воздействию на материалы состоят: в длительном действии низких температур (до $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$); в присутствии высокой влажности в морской части зоны, влияющей на коррозионную стойкость материалов и оледенение; в многократной смене температур с переходом через точку замерзания, что разрушает технику и конструкции; в высокой солнечной радиации в период полярного дня, способствующей деградации материалов.

В настоящее время в мире возник некоторый ажиотаж вокруг освоения Арктики в силу сырьевых, транспортных, военных и геополитических причин, и участвуют в нем не только страны Арктического клуба. Что касается России, то освоение северных территорий и морей не только интересно в познавательном плане, но и жизненно важно для развития страны. Это понимание возникло давно — еще М.В. Ломоносов утверждал: «...российское могущество прирастать будет Сибирью и Северным океаном...». В действительности же освоение арктической зоны началось раньше, так, еще в 1648 году С. Дежнев прошел северным морским путем в Тихий океан.

Очевидно, что арктические материалы (АМ) как минимум — необходимое условие освоения Арктики, и потому важно понять, насколько отечественное материаловедение готово выполнить свою миссию в научно-техническом и организационном планах. Такая попытка делается в данной статье.

Разумно определить арктическое материаловедение как область, связанную с поиском, созданием, исследованием и тестированием материалов, применяемых в Арктике. В принципе многие из АМ могут быть применимы и для зон с более мягким климатом, и потому они создаются вообще, а не специально для Арктики. Другой путь состоит в том, что существующие материалы модифицируют (адаптируют) таким образом, что они становятся применимы и в арктических условиях. Следует отметить, что ряд авиационных материалов эксплуатируется и в более жестких условиях, к примеру, самолет ежедневно и многократно попадает из теплых (земных) условий в зоны низких температур во время высотных полетов, и логично присмотреться к их использованию при создании техники и сооружений арктического применения.

На первых порах освоения зон холодного климата АМ были исключительно природными (древесина, шерсть, кожа, уголь, лед и пр.) и применялись при производстве одежды, бытовых и промысловых предметов, транспортных средств, в качестве энергоносителей и стройматериалов. Природные материалы, имея определенные достоинства, ограничены по эксплуатационным параметрам, и потому с XIX века активно стали применяться антропогенные (созданные человеком) материалы, в первую очередь металлические сплавы. С сре-

дины прошлого века практикуется использование искусственных высокомолекулярных соединений. Простые (однородные по химическому составу) антропогенные материалы к настоящему времени исчерпали свои возможности, и материаловеды направили усилия в сторону создания композиционных (сложных по составу) материалов с расширенными и синергетичными (несвойственными для отдельных компонентов) свойствами. Экстраполируя эту тенденцию, разумно полагать, что будущее АМ связано с созданием полифункциональных композитов, сочетающих разные свойства, к примеру конструкционные и функциональные. Перспективна и разработка «умных материалов» (smart materials): способных правильно реагировать на внешние негативные воздействия (например, проявлять самозалечивание при механическом повреждении); могущих вести мониторинг состояния конструкции по температурному, механическому и другим воздействиям.

Какие арктические материалы наиболее уязвимы в Арктике? Негативному воздействию подвержены стали (основной современный конструкционный материал), которые проявляют хладоломкость при отрицательных температурах. Природа явления многофакторна: внешние воздействия; атомно-кристаллическая структура стали; размер зерен; влияние примесей и углерода и др. В настоящее время научно-технические проблемы устранения хладоломкости решены — созданы хладостойкие марки, удовлетворяющие условиям Арктики, с применением специального легирования и термомеханической обработки. Усилиями ЦНИИ КМ «Прометей» и других исследовательских организаций разработаны стали, которые уже использованы при строительстве северных трубопроводов, арктических судов, отечественной морской нефтедобывающей платформы «Приразломная». Ныне актуален поиск технологических приемов, обеспечивающих оптимальное сочетание функциональных и экономических показателей хладостойких сталей для определенных применений.

Низкие температуры вредны и для высокомолекулярных соединений (ВМС): они стеклются, кристаллизуются, теряя эксплуатационные свойства и даже разрушаясь (хорошо известен школьный опыт — эластичная резина, стойкая к ударному воздействию в обычных условиях, разбивается на кусочки после обработки жидким азотом). В настоящее время ведутся поиски компонентов ВМС и наполнителей, которые обеспечат повышение морозостойкости резин и пластмасс. Приведенные примеры отображают исследования, направленные на специальное создание арктического материала.

Негативным климатическим фактором является высокая влажность, повышающая коррозию материалов, что ухудшает функциональные и эксплуатационные показатели изделий и может привести к их разрушению. В Арктике отмеченный фактор усугубляется налипанием снега и оледенением конструкций. Один из способов устранения действие влаги — сделать поверхность изделий гидрофобной (исключаяющей смачивание водой) нанесением гидрофобных веществ и приданием особой шероховатости. Такое сочетание делает изделия разной химической природы (металлы, керамика, полимеры, древесина и др.) не только гидрофобными, но и супергидрофобными.

Важными АМ являются высокопористые теплозащитные и теплоизоляционные материалы из керамических волокон, нашедшие применение в авиационной и космической технике. Однако присутствие влаги, даже в небольшом количестве, сильно вредит низкой теплопроводности материалов, сильно ограничивая их применение. Сотрудникам ВИАМ совместно с исследователями других институтов (ИПХФ РАН, ИНЭОС РАН, ИФАВ РАН) удалось применить результаты фундаментальных исследований для решения важной практической задачи. Разработан ряд приемов с использованием технологий сверхкритических флюидов и радиационной химии, позволивших наносить гидрофобные фторполимеры на керамические волокна, что позволяет гидрофильные материалы (у которых невозможно измерить угол смачивания капли воды из-за быстрого впитывания) превратить в высоко гидрофобные (с углом более 150°). Если исходный пористый материал мгновенно тонет в воде из-за капиллярного эффекта, то обработанные образцы плавают месяцами. Очевидно, что рассмотренное модифицирование расширяет применение отмеченных материалов в арктических условиях и демонстрирует второй способ адаптации уже существующих материалов.

Разработан совместно с ИХ ДВО РАН способ нанесения композиционных (оксид металла — фторполимер) покрытий на металлические поверхности ряда металлов (Mg, Al, Ti). Способ основан на применении плазменного электролитического оксидирования, что обеспечивает перевод металлической поверхности в оксидные пористые покрытия, в поры которых внедряются фторполимеры. Полученные покрытия на четыре порядка уменьшают электрохимические процессы, что увеличивает коррозионную стойкость металлических изделий, делая поверхность высокогидрофобной и значительно улучшая трибологические показатели.

Как показал анализ конференции «Материалы для технических устройств и конструкций, применяемых в Арктике», проведенной в ВИАМ в прошлом году, наиболее изучаемыми являются ВМС, что закономерно в силу их разнообразия и широты применения в быту и технических устройствах.

А каково организационное состояние отечественного арктического материаловедения? Информация по этому вопросу в литературе отсутствует, поэтому проведен анализ с использованием материалов специального Общего собрания РАН, посвященного арктической тематике, по данным специальных конкурсов Российского научного фонда и Президиума РАН, по результатам отмеченной конференции, а также анкетам опросов отечественных материаловедов. Из анализа следует, что в стране имеется ряд научных организаций (академических, отраслевых, университетских), которые постоянно и целенаправленно занимаются вопросами АМ, к примеру, организации Якутска (ИФТПС СО РАН, ИПНГ СО РАН, СВФУ), упомянутый ЦНИИ КМ «Прометей». Однако для многих организаций характерна эпизодичность, бессистемность и отсутствие специального интереса к АМ. В целом характерна разрозненность исследовательской деятельности как между организациями, так и персонами. Явно просматривается отдаленность академических исследований от возможности практического применения результатов, в силу нацеленности на создание научных основ, а не на производство материалов — приоритет фундаментальности. Имеет место разобщенность и отсутствие информированности материаловедов о конструкторских проблемах и конструкторов об имеющихся материалах. Имеет место заниженная доля материаловедческих исследований в общем изучении Арктики. Так, в сборнике «Научно-технические проблемы освоения Арктики», выпущенном по результатам Общего собрания РАН, материаловедческая ком-

понента составила лишь 6 %, тогда как вопросы общественной и международной политики — 23 %. Не исключено, что одна из возможных причин такого положения — недостаточная активность и организованность материаловедов.

Что можно предложить для улучшения ситуации со стороны самих материаловедов? Целесообразна кооперация научных организаций, без этого невозможно должным образом представить материаловедческую тематику ни в органах власти, ни в научном сообществе, а это необходимо из-за ограниченности выделяемых средств и большого числа научных направлений, приписываемых Арктике. Необходимы консолидация и кооперация отечественных АМ-исследователей на уровне организаций и исследователей (возможно, в форме виртуального Консорциума, такая практика оправдывает себя, можно привести пример Консорциума «Фторполимерные материалы и нанотехнологии» (www.confstor.ru)). Целесообразно систематическое проведение конференций по материалам и техническим устройствам для Арктики, очередная планируется в 2017 году в ЦНИИ КМ «Прометей». Академические исследователи должны приблизиться к реальным материаловедческим задачам, с этой целью рационально провести специальное заседание Научного совета Президиума РАН «Материалы и наноматериалы», с подачей экспертных рекомендаций в Правительство РФ. Целесообразен выпуск специальных номеров по АМ в отечественных материаловедческих журналах с соответствующими обзорами, в перспективе разумно и создание специального журнала. Для устранения информационного, ментального разрыва между материалами и конструкторами разумно создание совместных творческих коллективов и компьютерной базы данных отечественных материалов, рекомендуемых для Арктики. Целесообразно проведение библиометрического и наукометрического мониторинга АМ-исследований как организаций, так и конкретных ученых. Полезно создание Дорожной карты «Развитие отечественного арктического материаловедения» на основе мнений специалистов по АМ и конструкторов.

Какие действия можно предположить со стороны государственных структур в поддержку арктического материаловедения? Можно констатировать, что на данный момент имеется высокая заинтересованность государства в освоении Арктики, как следствие — промышленности ориентируется на создание соответствующей техники и формирование конкретных научно-технических задач. Государственные научные фонды (РФФИ, РФ, ФПИ) проявляют интерес к арктической тематике, но объявляемые конкурсы носят «общеарктический» характер, более целесообразны специализированные конкурсы, исключаящие размазывание ограниченных средств ровным и очень тонким слоем по всем направлениям, независимо от их значимости. Невозможно устранить разобщенность материаловедов и конструкторов без активной позиции государственных структур, в первую очередь Министерства промышленности и торговли РФ. Важный фактор развития отечественного арктического материаловедения — подготовка студентов по специальности «Арктическое материаловедение», что невозможно без участия университетов и Министерства образования и науки РФ.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 14-33-00032).

В.М. Бузник (академик РАН, ФГУП «ВИАМ»)