



Д. Н. ХАРЛАМОВ,
к. т. н., генеральный директор ООО «ТРАНССТРОЙПРОЕКТ»

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ АТМОСФЕРОСТОЙКОЙ СТАЛИ В ПРОЛЕТНЫХ СТРОЕНИЯХ

В современной практике мирового мостостроения давно известны высокопрочные низколегированные и атмосферостойкие стали. В нашей стране разработки в этом направлении велись, но ввиду того, что время их апробации и внедрения совпало с политической и экономической нестабильностью, процесс этот затянулся на долгие годы. И только совсем недавно начались предпосылки к возрождению тех самых идей, которые разрабатывались в переломное время.



Перспективный вопрос, заслуживающий внимания — это применение новых современных материалов при проектировании транспортных сооружений. Сейчас в российских действующих нормах присутствует атмосферостойкая сталь.

Сегодня мостостроение располагает высококоррозионно устойчивыми сталями, такими как российская 14ХГНДЦ или зарубежная Cor-Ten, которые сопоставимы по цене с традиционными, но не требуют окраски на весь срок службы сооружения.

При применении таких атмосферостойких сталей в конструкциях мостов вдали от мегаполисов, где нет каких-либо архитектурных требований — это идеальное инженерное решение, с которым не конкурентоспособна по материалу никакая другая конструкция. Более того, такую сталь без ограничений можно применять в железнодорожных и автодорожных мостах, в том числе и внеклассных. Надежная низколегированная сталь для мостовых конструкций, марки 14ХГНДЦ, прошла весь комплекс испытаний в ЦНИИС и ВНИИЖТ, а несколько экспериментальных мостов отработали без нареканий уже более трех десятков лет.

Для этой отечественной атмосферостойкой стали отработаны все технологии для заводского и монтажного сварочного производства, подобраны и апробированы сварочные материалы.

Применение 14ХГНДЦ сэкономило бы значительные бюджетные государственные средства при

Таблица 1
Химический состав различных марок стали

Документ	Марка стали	Содержание элементов							
		C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V	Zr
ГОСТ 6713-91	15ХСНД	0,12	0,40	0,40	0,60	0,30	0,20	—	—
		0,18	0,70	0,70	0,90	0,60	0,40	—	—
	10ХСНД	<0,12	0,50	0,80	0,60	0,50	0,40	—	—
			0,80	1,10	0,90	0,80	0,60	—	—
ТУ 14-1-4519-88	14ХГНДЦ	0,10	0,70	0,20	0,80	0,50	0,40	0,01	0,01
		0,18	1,10	0,40	1,10	0,80	0,70		0,05

эксплуатации пролетных строений металлических мостов.

В современном мостостроении прослеживается отчетливая тенденция в сторону сокращения сроков строительства при обязательном условии сохранения высокого качества конструкций и их технологичности. Транспортные сооружения с металлическими пролетными строениями в наибольшей степени удовлетворяют данным требованиям. Это объясняется тем, что таким образом перекрываются пролеты большей длины. Причем технологии монтажа не зависят от времени года. Крановая монтажная техника гораздо легче, чем при монтаже железобетонных балок. У металлических пролетных строений наилучшая способность к восприятию динамических знакопеременных временных нагрузок, а также устойчивость к сейсмическим воздействиям.

Учитывая эти факторы, именно металлические пролетные строения обладают высоким перспективным потенциалом для применения в любых условиях строительства и будущее мостостроения на сегодняшний день именно за ними.

Строго говоря, новой сталь 14ХГНДЦ назвать нельзя. Разработана она была российскими металлургами как аналог кортеновской стали, изобретенной в США еще в 30-х годах прошлого века. Однако в России она до сих пор не находила широкого применения, несмотря на ее очевидные плюсы, главным из которых является экономичность в эксплуатации.

По результатам длительных коррозионных испытаний в атмосферных условиях с учетом требований к уровню прочностных свойств, ударной вязкости, пластичности и свариваемости был разработан химический состав марки 14ХГНДЦ (табл. 1). При заданном уровне механических свойств и свариваемости

он дает возможность снизить скорость атмосферной коррозии до величин менее 6 мкм/год и длительное время эксплуатировать конструкции без защитного лакокрасочного покрытия.

Защитная оксидно-гидроксидная пленка формируется в процессе атмосферной коррозии в течение 5-7 лет. В дальнейшем коррозия практически прекращается. Поскольку кремний не оказывает суще-

Сталь 14ХГНДЦ в своем химическом составе имеет такие легирующие элементы как марганец, хром, медь, кремний, никель и цирконий.



Мост через реку Камышлы-Аят, ЮУЖД



Жирона. Пешеходный мост



Мост New River Gorge Bridge в Западной Вирджинии

ственного влияния на коррозионную стойкость в атмосферных условиях, для улучшения свариваемости стали 14ХГНДЦ его содержание в ней снижено по сравнению со сталями 10ХСНД и 15ХСНД, в то же время несколько увеличено содержание марганца. Соотношение содержания марганца к содержанию кремния в сталях 15ХСНД, 10ХСНД и 14ХГНДЦ (по среднему уровню) соответствует значениям 1:0,7:3,0. Это свидетельствует о принципиальном различии в содержании легирующих элементов, влияющих на коррозионную стойкость в атмосферных условиях в стали 14ХГНДЦ и традиционных сталях для мостостроения. Углеродный эквивалент 14ХГНДЦ — не более 0,45%, что соответствует требованиям к сва-

риваемости сталей для мостостроения 15ХСНД и 10ХСНД.

В среднем за период эксплуатации мостов, а это около 100 лет, затраты на антикоррозийную защиту конструкций в 7–10 раз перекрывают стоимость изготовления самих металлоконструкций. Поэтому внедрение и активное применение в мостостроении данной стали позволит принципиально снизить затраты на содержание пролетных строений в процессе эксплуатации.

Металлоконструкции из атмосферостойкой широко распространены в Европе, США и других странах.

Самым большим мостом, изготовленным из атмосферостойкой стали без окраски, является арочный мост New River Gorge Bridge в Западной Вирджинии, США. Длина сооружения — 924 м, длина арки — 518 м, высота над рекой — 267 м. Строительство моста обошлось в \$37 млн и продолжалось три года. Он был открыт для движения транспорта в 1977 году. Использование неокрашенной низколегированной стали, образующей защитный слой ржавчины, который сочетается эстетически с окружающей природой, позволило сэкономить \$300 тыс. на первоначальной стоимости и примерно \$1 млн за каждую окраску, которая была бы необходима для поддержания моста из обычной конструкционной стали.

Еще один показательный пример. В Жироне (Испания) рядом с туристическим объектом расположены мосты железнодорожный с ездой поверху и пешеходный арочный. Они изготовлены из атмосферостойкой стали без применения окраски. Внешний вид мостов гармонирует с окружающей местностью.



Мост через реку Снежная ВСЖД



Мост через реку Ворона ЮВЖД

В отечественном мостостроении также существует опыт применения данного материала. Например, железнодорожные мосты через реки Ворона и Снежная, автодорожные путепроводы на трассе М-11 «Москва — Санкт-Петербург».

В качестве примера также хотелось бы отметить успехи в части заводского изготовления конструкций пролетных строений из стали марки 14ХГНДЦ в ЗАО «Курганстальмост». Коллективом инженеров завода совместно с научно-исследовательскими институтами проделана большая работа в плане отработки технологии изготовления, а так же подбора и апробации сварочных материалов.

Значительное число инновационных решений находят отражение в проектах строительства или реконструкции транспортных сооружений (мостов) на автомобильных дорогах федерального и регионального значения.

Стоит также отметить, что данная сталь является инновационным материалом, так как соответствует критериям инновационности Министерства транспорта РФ (согласно приказу от 25.08.2015 №261).

Преимущества атмосферостойкой стали:

- несмотря на более высокую стоимость, экономический эффект достигается уже на стадии СМР и впоследствии только прогрессирует;

- прочностные характеристики данного материала соответствуют классическим для мостостроения сталям 10 и 15 ХСНД.

Есть и недостатки:

- остается открытым вопрос окраски стыковых соединений;

- данная сталь дороже классических сталей 10 и 15 ХСНД.

ВЫВОДЫ

1. С использованием факторного анализа и длительных атмосферных коррозионных испытаний разработана атмосферостойкая сталь марки 14ХГНДЦ. Толстолистовой прокат из нее в 1980-е годы выдержал комплекс прочностных испытаний основного металла и сварных соединений. Из этой атмосферостойкой стали изготовлены три опытных пролетных строения, которые в начале 1990-х годов без окраски установлены в эксплуатацию на трех железных дорогах России.

2. Обследование технического состояния пролетных строений после 20 лет эксплуатации показало, что на поверхности металлоконструкций сформировалась защитная пленка продуктов коррозии. Отслаивающиеся продукты отсутствуют. Процесс коррозии практически прекратился, уменьшение толщины проката за 20 лет составило менее 0,15 мм (с одной стороны). Пролетные строения рекомендованы к дальнейшей эксплуатации без окраски.

3. Атмосферостойкая сталь обеспечивает экологические выгоды. Она не требует первоначального покрытия, тем самым сокращает выбросы летучих органических соединений в атмосферу, не требует удаления разрушенного покрытия и его возобновления на протяжении жизни конструкции, обеспечивая дополнительную значительную пользу окружающей среде.

4. Применение этой стали особенно актуально для мостов на Крайнем Севере. Материал интересен для нефтяников и газовиков для строительства сооружений на дорогах к месторождениям. РЖД тоже проявляет интерес к таким конструкциям. При этом атмосферостойкую сталь можно использовать и в городах. ■