

УДК 624.21

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В МОСТОСТРОЕНИИ

А. М. БРАНОВИЦКИЙ

Белорусско-Российский университет
Могилев, Беларусь

Мосты работают в специфических условиях – при изменяющихся внешних климатических факторах, длительном сроке эксплуатации под воздействием циклических динамических нагрузок, что определяет ряд специфических требований к применяемым материалам при строительстве мостов.

Исторически сложилось, что в XVIII в. для строительства мостов использовался в основном чугун, который имел низкое сопротивление при растяжении и динамическим нагрузкам. На смену чугуну пришло сварочное железо, которое изготавливалось из чугуна-сырца в пудлинговой печи и не проходило жидкой фазы. Углерод сгорал под воздействием горячих газов, при этом получалась губчатая масса – крица, которую впоследствии для удаления шлаков проковывали. Однако такая технология приводила к существенной анизотропии механических свойств в продольном и поперечном направлениях проката (согласно нормам 1875 г., предел прочности в продольном направлении составлял 340 МПа, в поперечном – 280 МПа, относительное удлинение – 12 %...2,5 %).

Сварочное железо сменила малоуглеродистая сталь, которая имела однородные механические свойства (по техническим условиям предел прочности – не менее 350...450 МПа, относительное удлинение в продольном направлении проката – 27 %).

В 1935 г. была разработана низкоуглеродистая сталь для мостов (Ст3 мостовая). Ранее при изготовлении мостов использовали заклепки. Переход на сварочные соединения выявил такой недостаток данного типа сталей, как повышенная склонность к старению (повышению прочности, твердости и снижению пластичности). Е. О. Патон определил периоды использования материала металлических мостов: 1780–1850 гг. – чугун; 1850–1900 гг. – сварочное железо; с 1890 г. – стали. Институтом электросварки имени Е. О. Патона (Украина) была разработана сталь марки Ст3, использовавшаяся при изготовлении сварных мостов, которая содержала углерод – не более 0,2 %, медь – 0,3 %, кремний – не более 0,25 %.

В последующие годы в пролетных строениях использовали в основном такие стали, как 15ХСНД, 10ХСНД, 14Г2АФД [1]. Так, сталь марки 15ХСНД может использоваться в диапазоне температур от –60 °С до +40 °С, обладает хорошими свариваемостью и хладноломкостью и имеет высокие механические свойства. В мостостроении используются стали марок 14Г2АФД и 15Г2АФДпс по ГОСТ 19281–89, имеющие предел текучести не ниже 390 МПа. Начиная с 1993 г. в мостостроении получили применение стали марок 15ХСНДА и 10ХСНДА повышенного качества с уменьшенным содержанием углерода, хрома, никеля, марганца, фосфора и серы. Для мостостроения применяется сталь марки 09Г2С.

НИИ мостов были исследованы показатели сопротивления усталости сварных соединений проката стали марки 09Г2С, режимов сварки и установлено соответствие данной стали требованиям, предъявляемым к мостовым сталям. По прочности сталь 09Г2С немного уступает сталям 15ХСНД и 15ХСНДА, при этом стоимость ее ниже примерно на 30 %.

В настоящее время в мире при строительстве мостов используют высокопрочные стали. Так, в Германии производятся стали марок Fe360В, S235J2G3, Швеции – Strenx™ 960, Strenx 1100, Японии – JFE-HiTen61U2-590, JFE-HiTen 980, Китае – Q235A, Q235B-Z.

Применение получили атмосферостойкие стали [2, 3], самым распространённым брендом которых является COR-TEN – зарегистрированная торговая марка United States Steel Corporation (USS). На поверхности стали образуется окисная пленка, которая защищает сталь от коррозии и уменьшает потребность в применении защитных покрытий. Механические свойства данных сталей соответствуют обычным конструкционным сталям.

АО «Уральская Сталь» совместно с ЦНИИчермет им. И. П. Бардина разработали низколегированную марку стали 14ХГНДЦ, коррозионностойкие свойства которой позволяют эксплуатировать металлоконструкции без лакокрасочного покрытия, что сокращает затраты на эксплуатацию примерно на 30 %.

Перспективы при изготовлении мостов и пешеходных переходов имеют алюминиевые сплавы, которые не требуют антикоррозийного покрытия, обладают малым весом и высокой технологичностью при монтаже. Сравнительные исследования мостов из различных материалов показали, что алюминиевый мост в 4 раза более экономичный, чем сталежелезобетонный аналог. Также, в плане экологичности, после завершения срока эксплуатации его можно утилизировать.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Макаров, А. В.** Применение современных сталей в мостостроении / А. В. Макаров, М. А. Павлова // Инновационная наука. – 2018. – № 9. – С. 14–15.
2. **Morcillo, M.** Atmospheric corrosion of weathering steels / M. Morcillo // Construction and Building Materials. – 2019. – Vol. 22. – P. 750–765.
3. **Шестаков, Н. И.** Перспективы применения атмосферостойкой стали в мостовых сооружениях / Н. И. Шестаков // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2023. – № 3 (90). – С. 91–101.