

ЭПОХА НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА СЛУЖБЕ У МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ

У даній роботі наводяться можливості захисту мостових конструкцій від корозійних явищ за допомогою термічного напилення алюмінію чи цинку, який забезпечує довгостроковий захист (біля 50 років).

В данной работе приводятся возможности защиты мостовых конструкций от коррозии с помощью термического напиления алюминия или цинка, которое обеспечивает длительную защиту (около 50 лет).

In this paper the possibilities of protection of bridge structures from corrosion by thermal spraying of aluminum or zinc, which provides the long-term protection (approximately 50 years), are presented.

Широко известная Национальная Ассоциация Специалистов по Коррозии в США (NACE) сообщила, что ежегодно из-за коррозии западноевропейские страны теряют около 4 % ВВП. Для такой небольшой страны как, например, Великобритания это составляет около 49 млн евро [1]. По данным (1997 г.) Центрального НИИ конструкционных материалов (ЦНИИ КМ) России «Прометей» (Санкт-Петербург) в США эти потери превышают 100 млрд долл. в год. По оценкам специалистов различных стран, потери металла, включающие массу вышедших из строя металлических конструкций, изделий, оборудования, составляют от 10 до 20 % годового производства стали.

Сначала, для защиты металла мостовых конструкций от коррозии применяли краску, и надо сказать, красят до сих пор. Постепенно краски становились всё совершеннее. Например, есть краски, наносимые на ржавчину и содержащие сразу три компонента – преобразователь ржавчины, грунтовку и прочный декоративный слой. Изобретены даже полиуретановые и эпоксидные краски – последнее достижение учёных в борьбе с коррозией. Наиболее полным документом, охватывающим защиту стальных конструкций от коррозии методом окрашивания, является международный стандарт ISO 12944 [4].

Термическое напиление металлических покрытий – это процесс нанесения расплавленного металла на основу. Как применяемые методы нанесения, так и сами металлы могут быть разными, главное, чтобы в результате на поверхности оставалось тонкое, устойчивое к коррозии и абразивному действию покрытие, которое улучшает свойства поверхности. Метод напиления металлических покрытий используется уже в течение многих лет. Полученный в результате многолетний опыт и тестиро-

вание с применением внешнего воздействия на поверхность доказали, что данный метод является более эффективным в длительной антикоррозионной защите стали, чем обычное покрытие поверхности краской.

Тонкослойные покрытия поверхности металла могут применяться для наиболее суровых эксплуатационных условий и могут служить от 15 до 50 лет.

Для защиты железа и стали от атмосферных воздействий, а также для защиты поверхности при погружении в солёную и пресную воду, рекомендуется использовать 2 металла, такие как алюминий и цинк. Применяемый для напиления цинк является чистым веществом на 99,9 % и не вызывает загрязнения в процессе напиления. Следовательно, термически напиляемые цинковые покрытия более чистые, чем те, которые используются в процессе горячей гальванизации, например никель, который содержит большое количество примесей железа. Алюминий обычно чистый на 99 % и часто используется в процессе антикоррозионной защиты.

Для защиты изделий с помощью таких методов, как покраска или нанесение электролитического покрытия, используется напиление тонкого цинкового покрытия. Тонкий слой цинка, толщиной 25 микрон, обеспечивает прекрасную защиту небольших металлических частей, таких как гайки и болты, которые изготовляют и покрывают металлическим покрытием в очистном барабане (для отливок). Алюминиевое покрытие дешевле, чем цинковое или другое, имеющее такую же толщину, но перед его напилением необходима более тщательная подготовка поверхности. Алюминий не рекомендуется для использования в покрытиях толщиной менее 75 микрон. Следовательно, цинк рекомендуют использовать в том случае,

если необходимо уменьшить стоимость дробеструйной очистки до минимума или если необходимо очень тонкое покрытие.

Цинк имеет более высокий электролитический потенциал, чем алюминий и обеспечивает лучшую защиту, но может наноситься не на все участки поверхности. Небольшие непокрытые участки, такие как царапины и пустоты на обратной стороне заклёпок лучше защищать методом гальванизации с использованием цинка, а не алюминия.

Процесс термического напыления сравнительно прост и состоит из следующих этапов: расплавление металла в пистолете и напыление расплавленного металла на предварительно подготовленную поверхность с помощью сжатого воздуха.

На сегодняшний день существует два основных вида напыления проволоки: электродуговое и газопламенное напыление.

В процессе электродугового напыления к паре проводов подаётся электрический ток и таким образом, когда края проволоки соединяются, проходя через пистолет, образуется дуговой разряд. Сжатый воздух дует поверх электродугового разряда, частички автоматически подающейся металлической проволоки измельчаются, продвигаются вперёд и напыляются на подготовленное изделие.

В процессе газопламенного напыления, постоянно двигающаяся проволока проходит через пистолет и расплавляется конусообразной струёй горючего газа (пропана или содержащего ацетилен топлива смешанного с кислородом). Концы расплавленной проволоки попадают под конусообразную струю, измельчаются и напыляются на поверхность.

Во всех случаях напылённый алюминий возможно оставлять незащищённым, без применения пропиток.

Способ напыления металлов используется уже более 50 лет для напыления мостов, дымовых труб и деталей, более 20 лет для напыления прибрежных конструкций. И хотя изначально напыление конструкций обходится дороже, чем окраска, но во времени выходит хорошая экономия средств. В Северном море первым сооружением, которое было покрыто напылением, стало специализированное оборудование морских платформ, такое как балки сигнального факела, мостиковые перекрытия между платформами и вспомогательные ступеньки, которое невозможно было безопасно заменить (напыление можно проводить непосредственно на объекте).

В 1974 г. Американское Сварочное общество завершило 19-летнее изучение антикорро-

зийной защиты, напыляя цинковые и алюминиевые покрытия на сталь с невысоким содержанием углерода. Эффекты данного исследования следующие:

– алюминиевое покрытие толщиной 0,08...0,15 мм обеспечивает полную антикоррозийную защиту металла-основы на протяжении 19 лет в жёсткой морской воде и промышленной атмосфере;

– цинковое покрытие без применения пропитки должно быть толщиной 0,30 мм, чтобы обеспечить полную защиту плоскости в морской воде на протяжении 19 лет. В жёсткой морской воде и промышленной атмосфере покрытие цинка толщиной 0,23 мм без применения пропитки и 0,08...0,15 мм с использованием пропитки гарантируют антикоррозийную защиту на протяжении 19 лет;

– применение пропиток с алюминием улучшает наружный вид, так как при этом на металле-основе не появляется ржавчина на протяжении 19 лет [2].

Виды покрытий, перечисленных в табл. 1, обеспечивают полную защиту стальных панелей.

Таблица 1

Рабочая среда	Вид покрытия	Минимальная толщина, мкм, при сроке защиты, лет		
		10 лет	30 лет	50 лет
Пресная мягкая вода	Алюминий	80	120	160
	Цинк	80	120	160
Пресная жесткая вода	Алюминий	120	160	200
	Цинк	120	160	200
Морская вода	Алюминий	120	160	200
	Сплав цинк-алюминий 15%	120	160	200
Горячая вода до 100 °С	Алюминий (без герметика)	250	300	-
	Алюминий	200	250	-
Минеральные масла	Алюминий	80	120	160
	Цинк	120	160	200
Нефтепродукты, содержащие серу	Алюминий	120	160	200
	Цинк	120 мкм (не более 5 лет)		
Светлые нефтепродукты	Алюминий	-	-	-
	Цинк	80	-	-

Тончайший слой газотермически напылённого алюминия считается более эффективным, т.к. имеет меньшую склонность к образованию вздутий, и, следовательно, имеет более длительный срок службы.

В тех случаях, когда после применения алюминиевого покрытия образуются физические повреждения, например царапины, ржавчина не прогрессирует, это означает, что поддерживается протекторная защита.

В Украине и странах СНГ эти покрытия не получили широкого масштабного применения, в настоящее время они пробивают себе дорогу на рынке, имеются лишь отдельные примеры практического их использования (напыление днищ корабля, резервуары нефтехранилищ).

Массовое применение протекторных покрытий началось в США, Европе и Японии в середине 30-х годов прошлого столетия с защиты от коррозии мостов. Применяемые в те годы технологии и оборудование не позволяли получать беспористые покрытия. Для заполнения пор по верху покрытий производилась пропитка и покраска специальными декоративными красками.

Несмотря на более высокие первоначальные затраты (оцениваются в 13...15 % от стоимости металлоконструкций), долговременная надежная защита мостов от коррозии обеспечивает прекрасную экономию в будущем благодаря отсутствию необходимости ремонтов.

Так, например, 95 лет тому назад в Англии распыленным цинком покрыли мост Menai Straits Bridge. Перед войной его не успели перекрасить, в 1952 году инспектирующая комиссия, найдя его в превосходном состоянии, рекомендовала лишь декоративную окраску без каких-либо ремонтов. И таких примеров предостаточно:

- ж/д мост в Канзас Сити (США);
- ж/д мост в Белостоке (Польша);
- трамвайный мост через Эльбу г. Дрезден (Германия);
- ворота шлюзов на Панамском канале;
- напорные трубопроводы электростанций г. Манчестер (Великобритания);
- Канада 11 мостов на автостраде Квебек транс Канада.

В 1937 г. мост Ридж Авеню в Филадельфии подвергнут термическому покрытию толщиной 250 микрон из чистого цинка. После очистки грязи, цинковое покрытие до сих пор сохранилось в хорошем состоянии.

За рубежом металлические протекторные покрытия на основе алюминия и цинка стали активно внедряться в различных областях промышленности в 80...90-х годах прошлого сто-

летия в рамках стандартов ISO 2064 «Metallic and other non-organic coatings. Definitions and conventions», ISO 2178 «Non-magnetic coatings on magnetic substrates», в основном использовались для защиты мостов, различных стальных конструкций, дымоходов и других изделий.

Федеральная дорожная административная комиссия США рекомендовала использование металлизационных протекторных покрытий для многолетней защиты от коррозии (свыше 30 лет без ремонтов) различных стальных конструкций для строительства мостов.

На основании проведённых испытаний протекторных покрытий департамент транспорта штата Иллинойс совместно с Федеральной дорожной администрацией в 1997 году завершил первый проект по газотермическому напылению, в котором покрытие было нанесено на сборные стальные фермы моста I 80 над автострадой US 30. Мост состоит из 1015 элементов, включая 9 пролетов, содержит балки W33 и панели W16 с полной площадью примерно 57000 кв. футов, плюс опорные части моста. Металлоконструкции были изготовлены компанией Industrial Steel Construction (ISC) на заводе American Bridge в городе Гери (Gary), штат Индиана. Нанесение покрытия для этого проекта выполняла компания Metalweld/U.S. Corrosion Engineers of Joliet, штат Иллинойс (старейшая компания газотермического напыления США), работы по газотермическому напылению были выполнены на фабрике компании ISC.

В Украине появились предприятия, способные выполнять работы по напылению алюминия и цинка как в заводских условиях, так и в полевых условиях и остаётся надеяться, что наши мосты тоже смогут получить надёжную защиту от коррозии.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Vuksovich, M. S. Reviews on Corrosion Inhibitor [Текст] / M. S. Vuksovich // Science and Technology. – Houston: NACE International, 1993. – P. II-12-1.
2. Анतिकоррозионный институт Великобритании, Анतिकоррозионное металлическое покрытие, 1994 [Электрон. ресурс]. – Режим доступа: <http://www.tspc.ru/about/lit/sprametac/>
3. Булатов, Д. М. Промышленная защита от коррозии стальных конструкций [Текст] / Д. М. Булатов, С. Б. Петров, А. А. Сиротинский.
4. Корнеев, М. М. Стальные мосты [Текст]: теоретическое и практическое пособие по проектированию / М. М. Корнеев. – К., 2003. – 501 с.

Поступила в редколлегию 11.03.2010.

Принята к печати 22.03.2010.