

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Волкова, Н. В. Деформационно-прочностные свойства твердых высоконаполненных полиакрилатных композиций-масс для реставрации памятников из камня. *Механика композиционных материалов и конструкций*. / Н. В. Волкова [и др.] – М. : 2004. Т. 10. № 2. С. 231–239.
2. Юдина, А. Ф. Реконструкция и техническая реставрация зданий и сооружений: учеб. пособие. 4-е изд., стер. / А. Ф. Юдина. – М. : Издательский центр «Академия», 2016. – 320 с.
3. Князева, В. П. Экология. Основы реставрации / В. П. Князева. — М. : Архитектура-С, 2005. — 400 с.
4. Шанаев, С. Я. Старые технологии и рецепты отделочных работ / С. Я. Шанаев, А. В. Тихомиров. — М. : Спецпроектреставрация, 1993. — 39 с.
5. Николаев, С. Ф. Проблемы внедрения инноваций в реставрации объектов культурного наследия / С. Ф. Николаев. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2020. — № 14 (304). — С. 268–270.
6. Черняк, В. З. Уроки старых мастеров / В. З. Черняк. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Стройиздат, 1989. – 238 с.
7. Летюхина, М. Совсем как старенький: как технологии меняют работу реставраторов [Электронный ресурс] / М. Летюхина // РБК. – Режим доступа: <https://trends.rbc.ru/trends/innovation/6242b6579a794748828ce2ff>. – Дата доступа: 22.09.2023.
8. Куртуков, К. А. Об особенностях выбора строительных материалов для реставрации объектов историко-культурного наследия / К. А. Куртуков // Вестник ТГАСУ. – 2012. – № 2. – С. 66–69.

УДК 620.193.197

**БАСОВ С. В., ТУР Э. А., АНТОНЮК Е. К.**

\*Беларусь, Брест, БрГТУ

### **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТАХ КОНСТРУКЦИЙ ИСТОРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ**

Известно, что убытки от всех видов коррозионного разрушения металлов и сплавов, а также затраты на антикоррозионную защиту в большинстве развитых стран составляют около 5 % от национального дохода. Помимо прямых и косвенных потерь, вызванных разрушением металлических конструкций, коррозия приводит к загрязнению окружающей среды ионами различных металлов, что может привести к негативным экологическим последствиям [1, 2].

При проведении ремонтных, реставрационных и иных работ на исторических объектах, специалисты сталкиваются с задачей по сохранению аутентичных металлических конструкций или их элементов, декоративных фрагментов интерьеров и фасадов различного химического состава, вида и назначения.

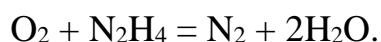
Применяемые в настоящее время методы антикоррозионной защиты включают несколько больших групп: легирование металлов, нанесение защитных покрытий, электрохимическая защита, изменение свойств коррозионной среды, рациональное конструирование металлических изделий.

Наличие в металлических элементах конструкций исторических объектов повреждений и дефектов различного происхождения является важной причиной научно обоснованного подхода к материалам и методам их ремонта и реставрации.

В ходе таких работ, после обнаружения поврежденных коррозией объектов, в первую очередь проводят их легкую механическую очистку с помощью мягкой щетки и проточной воды для удаления продуктов коррозии. После очистки поверхность сушат и обрабатывают необходимым консервирующим средством. Необходимую степень очистки определяют визуальным исследованием с помощью лупы или микроскопа [1, 5].

В некоторых простых случаях такая обработка бывает вполне достаточной (например, при незначительных коррозионных повреждениях или при обнаружении находок из благородных металлов) и, следовательно, отсутствует необходимость в других методах очистки и консервации [7–10]. Однако, как правило, почти всегда, требуются дополнительные химические или электрохимические антикоррозионные и консервирующие мероприятия.

Одним из эффективных методов защиты от коррозии металлов является изменение свойств коррозионной среды, которое направлено на снижение концентрации веществ, способствующих коррозии. Например, для этого в нейтральных средах, где коррозия протекает с участием кислорода, его удаляют деаэрацией (кипячение, барботаж инертного газа) или восстановлением с помощью гидразина ( $N_2H_4$ ), сульфитов и некоторых других веществ:



Широкое распространение на практике получило изменение свойств коррозионной среды с помощью ингибиторов коррозии. Ингибиторами или замедлителями коррозии называют вещества, присутствие которых в незначительных концентрациях (не более  $0,1 \text{ г/дм}^3$ ) в агрессивной по отношению к металлам среде значительно уменьшает скорость коррозионных процессов.

Применение ингибиторов коррозии при проведении ремонтно-восстановительных работ на аутентичных металлических элементах конструкций исторических объектов должно учитывать ряд особенностей.

По своей природе ингибиторы коррозии бывают ионными (катионного или анионного типов) или молекулярными соединениями.

Ингибиторы могут адсорбироваться на корродирующей металлической поверхности электростатически (за счет кулоновских сил), специфически (адсорбция поверхностно-активных ионов и молекул) или химически (хемосорбция). Также возможна адсорбция вследствие одновременного сочетания разных сил [13].

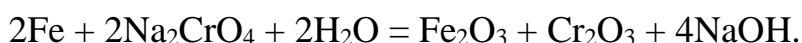
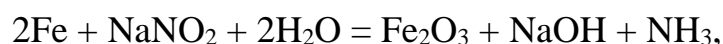
По механизму тормозящего действия на электрохимический процесс коррозии ингибиторы делят на анодные, катодные, экранирующие (пленкообразователи) и смешанные.

Адсорбируясь на поверхности корродирующего металла, ингибиторы замедляют протекание процессов анодного окисления или катодного восстановления электрохимической коррозии либо, образуя экранирующую пленку, изо-

лируют металл от электролита окружающей среды или имеют смешанный характер замедляющего действия.

По химическому составу различают органические и неорганические ингибиторы коррозии. Присутствие в органических ингибиторах полярных атомов N и S, которые имеют электроны, способные образовывать ковалентную связь с металлом, способствует их адсорбции на защищаемой металлической поверхности [13].

Анодные ингибиторы тормозят скорость анодного растворения металла и вызывают его пассивацию. Среди анодных ингибиторов наибольшее распространение получили нитрит натрия ( $\text{NaNO}_2$ ), хромат натрия ( $\text{Na}_2\text{CrO}_4$ ) и пероксид водорода ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), которые окисляют поверхность металлов с образованием прочной оксидной пленки:

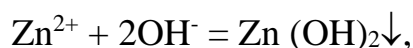


Следует отметить, что при недостаточной концентрации анодных ингибиторов для наступления полной пассивации металла (особенно в присутствии активных депассивирующих ионов, например, ионов  $\text{Cl}^-$ ) их применение становится опасным, так как они могут ускорить общую или местную коррозию, действуя как катодные деполяризаторы. Это необходимо учитывать при работе с аутентичными металлическими предметами и элементами конструкций исторических объектов.

Катодные ингибиторы замедляют скорость катодного процесса или уменьшают площадь катодных участков. Они повышают перенапряжение катодного процесса при их адсорбции на поверхности корродирующего металла.

Важными катодными ингибиторами являются диэтиламин ( $(\text{C}_2\text{H}_5)_2\text{NH}$ ), уротропин ( $\text{N}_4(\text{CH}_2)_4$ ), формальдегид ( $\text{CH}_2\text{O}$ ), пиридин ( $\text{C}_5\text{H}_5\text{N}$ ), соли и оксиды мышьяка и висмута ( $\text{AsCl}_3$ ,  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Bi}(\text{SO}_4)_3$ ), желатин, агар-агар, декстрин и др. Катодные ингибиторы безопасны, так как при недостаточной концентрации они не вызывают усиления коррозии.

В нейтральных средах эффективными ингибиторами являются ионы металлов, способные давать малорастворимые осадки:



Труднорастворимые соединения образуются в первую очередь на анодных или катодных участках соответственно.

Экранирующие ингибиторы, адсорбируясь на металле, образуют хемосорбционный слой или защитную пленку нерастворимых продуктов. Взаимодействуя с первичными анодными продуктами коррозии – ионами окисляющегося металла образуют соответственно гидроксиды, фосфаты, бензоаты, силикаты и др. либо с первичными катодными продуктами – гидроксильными ионами при кислородной деполяризации [4, 5, 13].

Хемосорбционные слои или экранирующие пленки в большинстве случаев тормозят протекание анодного и катодного процессов примерно в одинаковой степени.

Следует учитывать, что добавление анодных пленкообразователей в недостаточном количестве может привести к более глубокой местной коррозии вследствие увеличения отношения площади катодных и анодных участков.

Примером смешанных ингибиторов электрохимической коррозии металлов являются вещества, тормозящие протекание обоих электродных процессов – анодного и катодного (например, катапин – катионное поверхностно-активное вещество, представляющее из себя смесь алкилбензилпиридиний хлоридов или полибензилпиридиний хлоридов).

При консервации аутентичных металлических элементов конструкций, находящихся в бетоне (или выступающих из него), следует учитывать, что в бетонах практически всегда присутствуют растворимые хлориды (главным образом в виде  $\text{CaCl}_2$ ). При наличии влаги в окружающей конструкцию среде хлорид-ионы могут вызывать сильную коррозию. Поэтому при ремонтно-восстановительных или реставрационных работах, с целью консервации аутентичных металлических конструкций, в состав бетонов следует вводить ингибиторы (нитриты натрия или кальция, бензоат натрия или др.). Рациональную концентрацию ингибитора определяют на основании изучения зависимостей скорости коррозии защищаемого металла в данном электролите окружающей среды.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Никитин, Н. К. Химия в реставрации: справ. пособие / Н. К. Никитин, Е. П. Мельникова. – Л. : Химия, 1990. – 304 с.
2. Тодт, Ф. Коррозия и защита от коррозии. Коррозия металлов и сплавов. Методы защиты от коррозии / Ф. Тодт. – Л. : Химия, 1966. – 287 с.
3. Улиг, Г. Г. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику / Г. Г. Улиг, Р. У. Ревин. – Л. : Химия, 1989. – 214 с.
4. Антропов, Л. И. Ингибиторы коррозии металлов / Л. И. Антропов [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1981. – 325 с.
5. Walker, R. The Corrosion and Preservation of Iron Antiques / R. Walker, J. Chem. – Educ, 1982. – vol. 59. № 11, P. 943.
6. Беруштитс, Г. К. Коррозионная устойчивость металлов и металлических покрытий в атмосферных условиях / Г. К. Беруштитс, Г. Б. Кларк. – М. : Наука, 1971. – 336 с.
7. Skucas, V. Metalu Korozija. Paskaitu konspektai / V. Skucas. – Vilnius : Lietuvos Pilyis, 2007. – 88 p.
8. Басов, С. В. Химические методы очистки и консервации железных археологических артефактов / С. В. Басов, А. А. Башков, С. П. Гнатюк // Менделеевские чтения 2011 г: сб. науч. статей Межвузовской науч. метод. конф., Брест, 19 февраля 2011 г. / Брест. гос. ун.-т имени А. С. Пушкина; под. общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест : БрГУ, 2011. – С. 7–13.
9. Басов, С. В. Методы удаления продуктов коррозии археологических артефактов из сплавов цветных металлов / С. В. Басов, А. А. Башков, С. П. Гнатюк // Сборник материалов Межвузовской научно-методической конференции по химии и химическому образованию «Менделеевские чтения 2012 г., 28 февраля 2012 г., УО «БрГУ им. А. С. Пушкина»; под. общ. ред. Н. С. Ступень. – Брест, 2012. – С. 9–12.