



УДК 620.197.5

Поступила 01.02.2016

РАЗРАБОТКА СОСТАВА ПРОТЕКТОРА НА ОСНОВЕ ЦВЕТНЫХ СПЛАВОВ ИЗ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ ОТ КОРРОЗИОННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

DEVELOPMENT OF TREAD ON THE BASIS OF COLOR ALLOYS RECYCLED IRON-CARBON ALLOYS PROTECTION FROM CORROSION

А. А. ПИВОВАРЧИК, В. Д. ПОВИДАЙКО, Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно, Беларусь, ул. Ожешко, 22. E-mail: piwchik21@tut.by,

А. М. МИХАЛЬЦОВ, Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь, пр. Независимости, 65. E-mail: michaltsov@tut.by

A. A. PIVOVARCHYK, V. D. POVIDAJKO, Yanka Kupala State University of Grodno, Belarus, 22, st. Ozheshko. E-mail: piwchik21@tut.by,

A. M. MIKHALTSOV, Belarusian National Technical University, Minsk, Belarus, 65, Nezavisimosti ave. E-mail: michaltsov@tut.by

В статье приведены результаты разработки составов протекторов для защиты от коррозии низкоуглеродистых сплавов, используемых в автомобилестроении в качестве шихтовых материалов вторичного алюминиевого сырья. Представлены результаты исследования эффективности протекторной защиты разработанных составов сплавов.

The results of development of the compositions of protectors for the corrosion protection low-carbon alloys used in the automotive industry, using as the raw material of the secondary aluminum raw materials. The results of research on the effectiveness of the tread designed to protect the alloy composition.

Ключевые слова. Коррозия, катодная защита, протектор, расплав, железоуглеродистый сплав, алюминиевый сплав, цинковый сплав.

Keywords. Corrosion, cathodic protection, protector, melt the iron-carbon alloy, aluminum alloy, zinc alloy.

Введение

Коррозия – процесс химического или электрохимического разрушения металлов под действием окружающей среды. Коррозионные процессы классифицируют по механизму взаимодействия металлов с внешней средой; виду коррозионной среды и условиям протекания процесса; характеру коррозионных разрушений; видам дополнительных воздействий, которым подвергается металл одновременно с действием коррозионной среды. По механизму протекания коррозионного процесса принято различать химическую и электрохимическую коррозию металлов. Химическая коррозия представляет собой процесс взаимодействия металла с коррозионной средой, при котором окисление металла и восстановление окислительного компонента среды протекают одновременно в одном акте. Электрохимическая коррозия – это процесс взаимодействия металла с коррозионной средой (раствором электролита), при котором ионизация атомов металла и восстановление окислительного компонента коррозионной среды протекают не в одном акте и их скорости зависят от электродного потенциала. Полностью предотвратить процесс коррозии металлов практически невозможно, поэтому единственным направлением борьбы с ней является поиск эффективных способов ее замедления [1, 2].

Одним из известных способов защиты металлических конструкций от негативного воздействия коррозии является катодная защита, представляющая собой электрохимическую защиту металла, основанная на наложении внутреннего катодного тока. Катодная защита на практике реализуется в двух вариантах: в первом случае, когда необходимый сдвиг потенциала обеспечивается подключением защищаемого

изделия в качестве катода к внешнему источнику тока, во втором случае при организации катодной защиты отрицательный полюс внешнего источника тока присоединяют к защищаемой металлической конструкции, а положительный – к вспомогательному электроду, работающему как анод [1–3].

Разновидностью катодной защиты служит протекторная защита, реализация которой состоит в присоединении к защищаемой металлической конструкции более электроотрицательного металла (протектора), который, растворяясь в окружающей агрессивной среде, защищает от разрушения основную конструкцию [1–3]. Известно, что в качестве материалов, необходимых для изготовления протекторов, целесообразно использовать следующие вещества: магний, алюминий, цинк, марганец, кадмий, свинец. Следует отметить, что использование свинца неэффективно вследствие низкой экологичности материала, а при работе с чистым магнием и его сплавами необходимо учитывать взрыво- и пожароопасную составляющую данного вещества. Согласно ГОСТ 26251-84 «Протекторы для защиты от коррозии» [4], промышленностью централизованно выпускаются протекторы марки АП1-АП4 (протектор алюминиевый), МП1 (магниевый протектор), ЦП1–ЦП3 (цинковый протектор) различной конфигурации и габаритными размерами, массой от 0,8 до 63 кг. При их получении используют следующие исходные шихтовые материалы: магний, не ниже марки Mg95, ГОСТ 804-93 [5], алюминий, не ниже марки А85, А99, ГОСТ 11069-2001 [6], цинк, не ниже марки Ц0, ЦВ00, Ц1, ГОСТ 3640-94 [7], марганец, не ниже марки Мр1, ГОСТ 6008-90 [8].

В настоящее время в Республике Беларусь фирма «КаПроЗа» централизованно изготавливает и реализует протекторы на основе цинка для защиты кузовных элементов автомобилей от коррозионного воздействия агрессивных сред. Протекторы на основе других известных материалов (магния, алюминия) с более высокими защитными свойствами производятся в Российской Федерации, Украине, Германии, США, Франции.

Данная работа направлена на создание импортозамещающих материалов вследствие разработки отечественных составов протекторов с использованием вторичного алюминиевого сырья, применение которых позволит уменьшить интенсивность коррозионного разрушения металлических конструкций транспортных средств (ТС) кузова, рамы в агрессивных средах.

Целью данной работы является исследование эффективности использования в качестве протекторов цветных сплавов на основе вторичного алюминиевого сырья.

Методика проведения экспериментов. В качестве исходных материалов для разработки альтернативных отечественных составов протекторов, предназначенных для защиты кузовных элементов автомобилей, были приняты такие материалы, как цинк гранулированный Ц0, вторичный алюминиевый лом, представленный алюминиевой проволокой и кусковыми отходами алюминиевого сплава марки АМг6. Составы исследуемых протекторов на основе выбранных материалов приведены в табл. 1. В качестве прототипов использовали протекторы марок МП1, АП2, ЦП1. Химический состав протекторов прототипов, согласно ГОСТ 26251-84, представлен в табл. 2.

Т а б л и ц а 1. Состав сплавов, используемых для получения протекторов

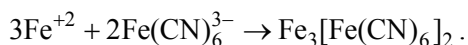
Номер исследуемого состава	Массовая доля основных компонентов в сплаве протектора, %			Прототипы, %		
	кусковые отходы алюминиевого сплава марки АМг6	алюминиевая проволока	цинк гранулированный	МП1	ЦП1	АП2
1	100	–	–	–	–	–
2	–	100	–	–	–	–
3	–	–	100	–	–	–
4	50	50	–	–	–	–
5	45	45	10	–	–	–
6	–	97	3	–	–	–
7	–	94	6	–	–	–
8	–	91	9	–	–	–
9	–	88	12	–	–	–
10	–	85	15	–	–	–
11	97	–	3	–	–	–
12	94	–	6	–	–	–
13	91	–	9	–	–	–
14	88	–	12	–	–	–
15	85	–	15	–	–	–
16				100	–	–
17				–	100	–
18				–	–	100

Таблица 2. Химический состав протекторов прототипов

Марка сплава	Массовая доля основных компонентов, %					Примеси, %, не более				
	магний	алюминий	цинк	марганец	титан	железо	медь	никель	кремний	свинец
МП1	ост.	5,0–7,0	2,0–4,0	0,02–0,5	0,04	0,003	0,004	0,001	0,04	0,001
АП2	–	ост.	0,6–0,1	0,01–0,2	–	0,1	0,01	–	0,1	–
ЦП1	0,1–0,3	0,5–0,7	ост.	0,1–0,3	–	0,004	0,001	–	0,005–0,1	0,0054

Получение протекторов на основе выбранных исходных компонентов в установленном процентном соотношении (см. табл. 1) осуществляли по следующей методике: расплавление исходных шихтовых материалов проводили в графитовых тиглях ТГ-1 с использованием высокотемпературной муфельной электропечи модели ПМ-10. Масса навески шихтовых компонентов для получения протекторов для всех сплавов составляла $30 \pm 0,5$ г и контролировалась при помощи электронных цифровых весов MVP-300. Температура расплавления исходных шихтовых материалов контролировалась цифровым датчиком и варьировалась в диапазоне температур 773–1073 К в зависимости от химического состава выплавляемого сплава. Перед заливкой расплава в специально изготовленный металлический кокиль расплав перегревали и обрабатывали покровно-рафинирующим флюсом в количестве 0,15% от объема расплава с целью удаления вредных газов (кислород, водород, азот) и снижения газовой пористости в расплаве. Время обработки расплава флюсом для всех составов составляло 3 мин. Кокиль перед заливкой расплава прогревали в сушиле до температуры 493–523 К, после чего извлекали его и закрепляли на станине для дальнейшей заливки расплава. Поскольку существенное влияние на свойства протектора оказывает площадь контакта защищаемого материала и протектора, то для обеспечения прочного их сцепления защищаемый железоуглеродистый стальной пруток марки Ст3 диаметром 8 мм после подогрева в печи до температуры 523 К устанавливали в вертикальном положении непосредственно в жидкий расплав, находящийся в кокиле. В результате кристаллизации расплава и его усадки расплав обжимал поверхность металлического прутка, обеспечивая при этом прочное и надежное сопряжение материала протектора с защищаемой поверхностью. Эффективность действия протекторной защиты исследуемых составов в условиях агрессивных сред оценивали по радиусу действия протектора. В качестве агрессивной среды использовали 2%-ный водный раствор хлорида калия. При данной концентрации хлорида калия в воде значение водородного показателя pH 5 (слабокислотная среда), что соответствует значению pH среды на дорожном покрытии после его обработки соответствующими растворами в зимний период. Методика проведения исследований по определению защитного радиуса действия протекторов на основе исследуемых составов приведена на рис. 1.

В изготовленную и установленную на основании 6 пластиковую ванну 1, используя опоры 5, укладывали железоуглеродистый стальной пруток 2 с нанесенным на него протектором 3, которые предварительно тщательно зачищали наждачной бумагой и обезжировали. Затем в ванну заливали водный раствор хлорида калия 4 так, чтобы стальной пруток был полностью погружен. С целью обнаружения места начала процесса коррозии железоуглеродистого сплава в раствор добавляли индикатор, в качестве которого выступал 10%-ный водный раствор красной кровяной соли ($K_3Fe(CN)_6$) в количестве 45 мл. В результате на поверхности защищаемого образца (через 2–5 мин) наблюдалось появление синих пятен (берлинская лазурь) в тех местах, где уже начался процесс коррозии материала. Данный процесс происходит вследствие протекания химической реакции:



После появления синих пятен на поверхности защищаемого образца проводили измерение расстояния при помощи линейки от края протектора до ближайшего синего пятна. Время выдержки образца в водном растворе перед введением индикаторного раствора для всех исследуемых составов составляло 60 с. Измеренное расстояние было принято в качестве защит-

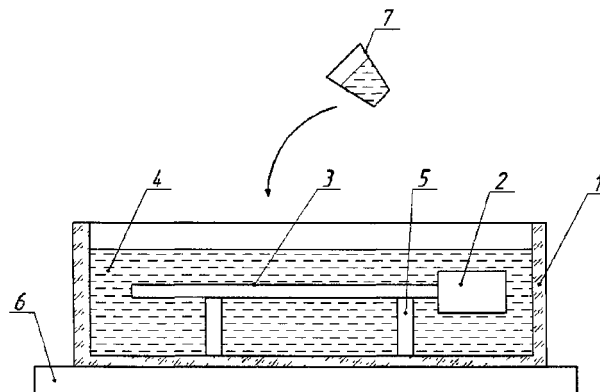


Рис. 1. Схема проведения эксперимента по определению степени протекторной защиты различных материалов: 1 – пластиковая ванна; 2 – протектор; 3 – защищаемый металлический пруток; 4 – раствор калийной соли в воде; 5 – опоры; 6 – основание; 7 – стакан с раствором красной кровяной соли

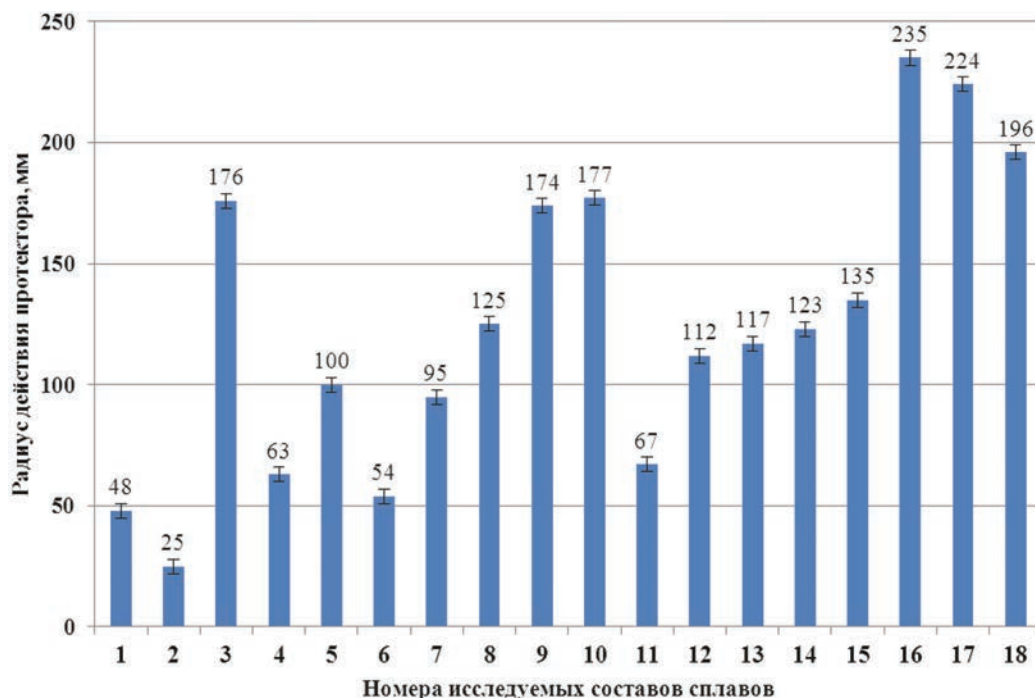


Рис. 2. Результаты исследования радиуса действия протекторов, полученных с использованием вторичного алюминиевого сырья

ного радиуса действия протектора. Результаты исследований эффективности протекторной защиты для различных сплавов приведены на рис. 2.

Результаты исследований и их обсуждение. Из рисунка видно, что наилучшими защитными свойствами по сравнению с протекторами прототипами обладают составы 9 и 10 на основе алюминиевой проволоки с добавкой гранулированного цинка. При этом установлено, что радиус действия протекторов на основе кусковых отходов алюминиевого сплава марки АМг6 при добавлении гранулированного цинка в количестве от 3 до 12% от объема основы увеличивается в 1,4–2,8 раза, а в случае использования алюминиевой проволоки – в среднем в 1,8–3,2 раза. Необходимо отметить, что дальнейшее увеличение количества вводимого гранулированного цинка к данным основам приводило к незначительному увеличению радиуса действия протектора, не более чем на 2–3 мм, что лежит в области погрешности проводимых экспериментов, которая в свою очередь составляет ± 3 мм. Промежуточные результаты получены при использовании составов 4 и 5, худший результат – при использовании составов 1 и 2.

Выводы

В ходе проведенных исследований установлено, что при разработке составов протекторов с высокими антикоррозионными свойствами для защиты кузовных элементов автомобильной техники целесообразно использовать вторичное алюминиевое сырье, а именно, кусковые отходы алюминиевого лома марки АМг6 и алюминиевой проволоки. При этом защитные свойства протекторов, полученных на основе данных шихтовых материалов с добавкой гранулированного цинка, обладают достаточно высокими антикоррозионными свойствами по сравнению с протекторами, выпускаемыми на основе чистых исходных шихтовых материалов.

Литература

1. Б о р о д и н В. В. Защита автомобиля от коррозии электрохимическим способом: Советы бывалого. М.: Транспорт, 1994. 30 с.
2. У л и г Г. Г., Р е в и Р. У. Коррозия и борьба с ней. Введение в коррозионную науку и технику: Пер. с англ. / Под ред. А. М. Сухотина. Л.: Химия, 1989. 456 с.
3. Б э к м а н В., Ш в е н к В. Катодная защита от коррозии: Пер. с нем. М.: Metallurgia, 1984. 496 с.
4. ГОСТ 26251-84. Протекторы для защиты от коррозии. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1984. 29 с.
5. ГОСТ 804-93. Магний первичный в чушках. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2001. С. 65–71.
6. ГОСТ 11069-2001. Алюминий первичный. Марки. М.: Изд-во стандартов, 2004. С. 75–82.
7. ГОСТ 3640-94. Цинк. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 2001. С. 21–28.
8. ГОСТ 6008-90. Марганец металлический и марганец азотированный. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1991. 7 с.

References

1. B o r o d i n V. V. *Zashhita avtomobilja ot korrozii jelectrohimicheskim sposobom* [Protection of the car from corrosion electrochemically]. Moscow, Transport Publ., 1994. 30 p.
2. U h l i g H. H., R e v i e R. W. *Corrosion and corrosion control. An Introduction to corrosion science and Engineering*. 3th ed. New York, Wiley, 1985. 456 p. (Russ. ed.: Ulig G. G., Revi R. U. *Korrozija i bor'ba s neju. Vvedenie v korroziionnuju nauku i tehniku*. Leningrad, Himija, 1989. 456 p.).
3. B a c k m a n V., S c h w e n k W. *Cathodic protection* (Russ. ed.: Bjekman V., Shvenk V. *Katodnaja zashhita ot korrozii*. Moscow, Metallurgija Publ., 1984. 496 p).
4. GOST 26251-84. *Protektory dlja zashhity ot korrozii. Tehnicheskie uslovija* [State Standard 26251–84. Protectors for protection against corrosion. Technical conditions]. Moscow, Standartinform Publ., 1984. 29 p.
5. GOST 804-93. *Magnij pervichnyj v chushkah. Tehnicheskie uslovija* [State Standard 804–93. *Magnesium primary ingots. Technical conditions*]. Moscow, 2001, pp. 65–71.
6. GOST 11069–2001. *Aljuminij pervichnyj. Marki* [State Standard 11069–2001. Primary aluminum. Stamps]. Moscow, 2001, pp. 75–82.
7. GOST 3640-94. *Cink. Tehnicheskie uslovija* [State Standard 3640–94. Zinc. Technical conditions]. Moscow, 2001, pp. 21-28.
8. GOST 6008-90. *Marganec metallicheskij i marganec azotirovannyj. Tehnicheskie uslovija* [State Standard 6008–90. Manganese metal and manganese nitride. Technical conditions]. Moscow, 1991. 7 p.