

УДК 621. 793

М.А. БЕЛОЦЕРКОВСКИЙ, д-р техн. наук; А.В. СОСНОВСКИЙ, канд. техн. наук
Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси, г. Минск

А.В. ЧЕКУЛАЕВ, канд. техн. наук; О.А. НЕВАР
ОАО «Кузлитмаш», г. Пинск, Республика Беларусь

П.Г. СУХОЦКИЙ

Белорусский национальный технический университет, г. Минск

КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ПСЕВДОСПЛАВА «40X13 — 95X18Ш» И МАРТЕНСИТНЫХ СТАЛЕЙ 40X13, 95X18Ш, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ГИПЕРЗВУКОВОЙ МЕТАЛЛИЗАЦИИ

Представлены результаты исследования испытаний на коррозионную стойкость стальных покрытий мартенситного класса 40X13, 95X18, а также их псевдосплавов, полученных методом гиперзвуковой металлизации.

Ключевые слова: гиперзвуковая металлизация, коррозия, износостойкость, электролит

Введение. В современном мире коррозионное повреждение металлических деталей и конструкций является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем, при этом технический прогресс во многих отраслях промышленности тормозится из-за нерешенности ряда коррозионных задач. Это приобрело особую актуальность в промышленно развитых странах с большим металлофондом особенно в последние годы в связи со все более широким использованием в промышленности высокопрочных материалов, особо агрессивных сред, высоких температур и давлений. В этих условиях значительно возрос удельный вес потерь, вызываемых такими опасными формами коррозии, как коррозионное растрескивание, межкристаллитная коррозия, питтинг и др.

Одним из основных методов защиты деталей и конструкций от коррозии является нанесение покрытий. При этом к свойствам формируемых покрытий предъявляются требования, которые невозможно обеспечить, используя традиционные материалы или методы модифицирования. В частности, необходимое сочетание твердости, низкого коэффициента трения, сопротивления изнашиванию в присутствии абразива, демпфирующих свойств, коррозионной стойкости зачастую не целесообразно обеспечивать по экономическим соображениям. Таким образом, создание новых эффективных и экономичных технологий и технических средств для обеспечения коррозионной стойкости и износостойкости деталей узлов трения и конструкций является актуальной проблемой современного машиностроения.

Проведенные ранее исследования [1] показали, что одним из перспективных методов повышения износостойкости поверхностных слоев, используемых на деталях гидрооборудования взамен гальванического хромирования, является гиперзвуковая металлизация сплавами на основе хромсодержащих сталей. Отличительной особенностью процесса гиперзвуковой металлизации является использование в аппаратах малогабаритной высокоэффективной камеры сгорания пропано-воздушной смеси, формирующей распыляющую расплавленный материал проволоку струю, которая имеет на выходе скорость 1300–1500 м/с

при температуре около 2200 К (рисунок 1). Размер распыленных частиц при такой схеме распыления составляет не более 15 мкм, а их скорость — до 500 м/с, что обеспечивает возможность формирования высокоплотных покрытий с прочностью сцепления на отрыв более 50 МПа и пористостью порядка 1–4%.

Целью данной работы являлось исследование коррозионных свойств газотермических покрытий из сталей 40X13 и 95X18, а так же их псевдосплавов, полученных методом гиперзвуковой металлизации.

Материалы и методики исследований. В качестве образцов для напыления покрытий использовали плоские и круглые заготовки плоской и цилиндрической формы, изготовленные из стали 3 с покрытием, напыленным методом гиперзвуковой металлизации из испытуемых материалов (таблица).

Изготовление экспериментальных образцов осуществлялось при нанесении покрытия толщиной 1,5 мм на заготовки из стали 3 при давлении воздуха 4 атм., давление пропана — 4,5 атм., напряжение дуги — 32–34 В, тока дуги — 190–205 А, дистанции напыления — 120–150 мм.

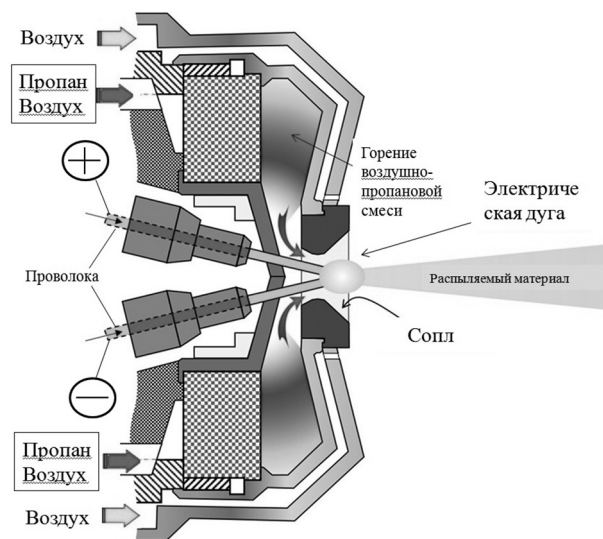


Рисунок 1 — Схема распылительной головки металлизатора установки гиперзвуковой металлизации

Таблица — Образцы с покрытием, используемые для испытаний

№	Материал покрытия	Линейные размеры Ø / a×b×h
1	95X18	38,6×23,7×7
2	40X13+95X18	44,6×29,2×7
3	40X13	34×39,5×7

В качестве материала покрытия использовалась проволоки 40X13 диаметром 2 мм и 95X18 диаметром 1,6 мм. Для получения псевдосплавного покрытия использовали две разные проволоки из упомянутых материалов.

Испытания на коррозионную стойкость образцов с покрытием осуществлялись двумя способами. При первом способе испытываемые образцы взаимодействуют с электролитом, при втором способе — с раствором медного купороса.

В качестве электролита используется раствор хлористого натрия концентрацией (30 ± 3) г/дм³, в который попеременно окунают испытываемые образцы. Испытания проводят в помещении с температурой (25 ± 10) °С и относительной влажностью 45–80%. Перед испытаниями металлические образцы обезжиривают органическими растворителями (этанол). Образцы периодически погружают в электролит. Продолжительность пребывания образцов в растворе 10 минут, на воздухе — 50 минут. Во время вынужденных перерывов в испытаниях образцы должны находиться на воздухе. Продолжительность испытания выбирают так, чтобы можно было однозначно оценить поведение образцов.

При втором способе на испытываемый образец наносится медный купорос. Так как железо активнее меди, то происходит замещение меди на железо по реакции $\text{CuSO}_4 + \text{Fe} \rightarrow \text{FeSO}_4 + \text{Cu}$. На поверхности железа выделяется медь красного цвета. По количеству выделившейся меди определяют степень коррозии.

Результаты испытаний. Испытания плоских образцов в электролите. Образцы непрерывно обрабатывались в течение 6 часов: 10 минут были погружены в раствор хлористого натрия, 50 минут высушивались на воздухе. После первого часа испытаний на торцах образцов появилась ржавчина, а уже после 2 часов — на поверхности обычной стали. После 6 часов испытаний обычная сталь полностью окислилась под воздействием раствора соли и кислорода, в результате чего микронеровности, поры были покрыты слоем ржавчины $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ (рисунок 2). Внешний вид напыленных металлических слоев не изменился.

После вынужденного перерыва (3 суток) образцы вновь непрерывно обрабатывались в течение 7 часов.



Рисунок 2 — Обычная сталь после 13 ч испытаний в растворе хлористого натрия / воздух

После первого часа испытаний на образцах № 2 и № 3 после высыхания капли раствора образовались ржавые пятна. При дальнейшей обработке поверхность образцов не изменилась. Таким образом, в результате 13 часов испытаний в коррозионной среде образец № 1 (95X18) остался стоек в растворе хлористого натрия / воздух; на образцах № 2 и № 3 наблюдалось неравномерное поверхностное образование пятен ржавчины, на образце № 3 (40X13) — ярче выражено (рисунок 3).

Испытания цилиндрических образцов в электролите. Образцы № 4–6 непрерывно обрабатывались в течение 6 часов: 10 минут были погружены в раствор хлористого натрия, 50 минут высушивались на воздухе. В ходе испытаний на торцах и на поверхности обычной стали образовалась ржавчина. После 6 часов испытаний и полного высыхания на воздухе у образцов № 4 (40X13) и № 6 (40X13+95X18) на напылении появились небольшие пятна ржавчины по краям цилиндров. На образце № 5 (95X18) следов коррозии не обнаружено.

Испытания плоских образцов с медным купоросом. Для сравнения нанесли каплю раствора сенокислой меди на обычную сталь. Реакция замещения началась через 5 секунд после нанесения, и за 40 секунд образовалось красное пятно меди (рисунок 4).

Затем капли раствора медного купороса нанесли на напыленные слои. На образце № 3 (40X13) реакция замещения началась через 20 секунд и продолжалась около 20 минут. Под каплей раствора осталось красное пятно меди. На образце № 2 (40X13+95X18) реакция замещения началась после 1 минуты после нанесения и протекала медленно. В течение 1 часа наблюдений медь заместила не полностью и неравномерно.

На образце № 1 (95X18) на протяжении 1 часа после нанесения капли раствора замещение меди не наблюдалось (рисунок 5).

Выводы. В ходе ускоренных коррозионных испытаний самым стойким оказалось металлическое

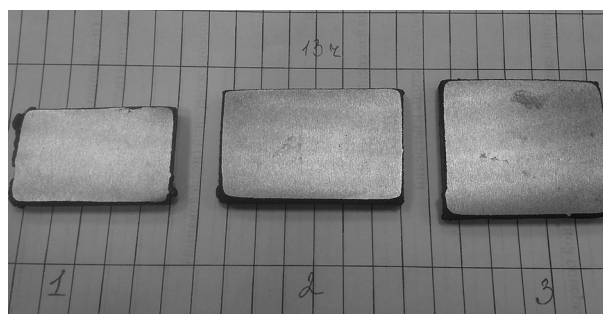


Рисунок 3 — Напыленный слой после 13 ч испытаний в растворе хлористого натрия / воздух



Рисунок 4 — Взаимодействие обычной стали с раствором медного купороса

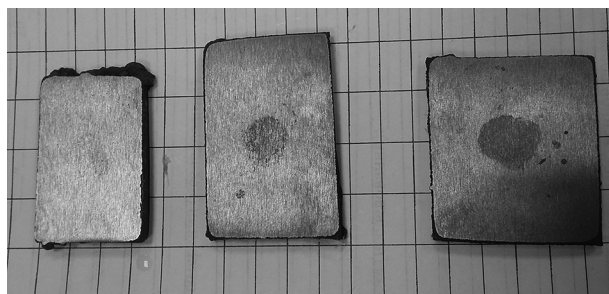


Рисунок 5 — Взаимодействие напыленного слоя с раствором медного купороса

покрытие состава 95X18. На покрытии состава 40X13 наблюдалось больше всего следов коррозии как при первом, так и при втором способах испытания. Это

вызвано меньшим процентным содержанием хрома в составе напыленного слоя. На покрытии состава 40X13+95X18 также образовались небольшие единичные пятна ржавчины, это возможно из-за неравномерного распределения хрома в напыленном слое.

Список литературы

1. Перспективы замены гальванического хромирования гиперзвуковой металлизацией / М.А. Белоцерковский [и др.] // Актуальные вопросы машиноведения: сб. науч. тр. / Объедин. ин-т машиностроения НАН Беларуси; редкол.: С.Н. Поддубко [и др.]. — 2014. — Вып. 3. — С. 324–328.

Belotserkovsky M.A., Sosnovsky A.V., Chekulaev A.V., Nevar O.A., Sukhotsky P.G.
Corrosion properties of coatings based on pseudoalloy “40X13 – 95X18SH” and martensitic steels 40X13, 95X18SH, obtained by method of hypersonic metal spraying

The results of a study of corrosion resistance tests of martensitic steel coatings 40X13, 95X18, as well as their pseudoalloys obtained by hypersonic metal spraying, are presented.

Поступил в редакцию 17.07.2017.