

Повышение технологической надежности подготовки деталей мобильной техники к гальваническому осаждению цинковых покрытий

Ю.А. Захаров¹, И.А. Спицын², Г.А. Мусатов¹

¹Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

²Пензенская государственная сельскохозяйственная академия

Аннотация: Цинковые гальванические покрытия достаточно широко применяются как защитные покрытия деталей мобильной техники. Цинковые покрытия обладают высокой прочностью сцепления и могут применяться для восстановления размеров поверхностей деталей. Обеспечение высокой прочности сцепления покрытия с основой возможно только при тщательном соблюдении технологического процесса предварительной подготовки поверхности к осаждению и непосредственно самого осаждения. В данном случае, технологической надежностью подготовки деталей к цинкованию является величина, выраженная в процентах восстановленных деталей, имеющих высокую прочность сцепления. При этом, процесс подготовки рассматривается как техническая система, содержащей в качестве структурных элементов технологические операции. Совершенствование технологического процесса восстановления цинковым гальванопокрытием заключается в осуществлении анодного травления детали в рабочем электролите цинкования.

Ключевые слова: гальванопокрытие, предварительная подготовка, технологическая надежность, травление, обезжиривание, механическая обработка.

Цинковые гальванопокрытия получили свое распространение в основном благодаря высоким защитным свойствам от воздействия агрессивных сред и коррозии. Однако цинковые гальванические покрытия возможно применять и при восстановлении изношенных поверхностей деталей машин. Цинковые гальванопокрытия обладают не только высокими защитными свойствами, но и хорошо гасят вибрации (благодаря своей пластичности). При этом цинковые гальванопокрытия обладают высокой прочностью сцепления с подложкой, что является залогом долгосрочной службы деталей восстановленных цинком.

Прочность сцепления гальванического покрытия с основой является одним из наиболее важных критериев оценки качества полученного осадка, если не самым важным. В процессе работы детали восстановленной или защищенной гальваническими цинковыми покрытиями подвергаются значительным температурным, механическим, вибрационным, и другим

нагрузкам. При этом возникают усилия (от температурной деформации или при отрыве, сдвиге изломе и так далее) стремящиеся отделить осажденный слой цинка от поверхности, на которую он осажден. Степень адгезии (сцепления) осаждаемого цинка с основой обуславливает прочность сцепления покрытия и основы, определяя при этом надежность и долговечность восстановленной или защищённой поверхности. Невысокая прочность сцепления гальванопокрытия с основой приводит к отслоению, выкрашиванию, вспучиванию, покрытию трещинами и так далее, осажденного слоя. При этом поверхность детали, покрытая гальваническим слоем, перестает полноценно выполнять свое предназначение, отрицательно влияя на сопрягаемые с ней детали вплоть до полного выхода из строя всего узла или механизма.

Обеспечение высокой прочности сцепления цинкового гальванического покрытия с основой возможно только при тщательном соблюдении технологического процесса предварительной подготовки поверхности к осаждению и непосредственно самого осаждения. То есть, для повышения технологической надежности осаждения гальванического покрытия необходимо, прежде всего, обеспечить должный уровень технологической надежности процесса предварительной подготовки восстанавливаемой поверхности к осаждению.

Некоторые исследователи предлагают использовать теорию надежности при оценке прочности сцепления гальванопокрытия с основой [1-3]. В данном случае, технологической надежностью подготовки деталей к цинкованию является величина, выраженная в процентах восстановленных деталей, имеющих высокую прочность сцепления. При этом, процесс подготовки рассматривается как техническая система, содержащей в качестве структурных элементов технологические операции. При этом, технологическая надежность этой системы будет зависеть от количества и

надежности составных элементов, а также их взаимосвязи. Надежность этих составных элементов, будет зависеть от различных технологических факторов (температура электролита, плотность рабочего тока, время обработки и так далее). Кроме того, на качество проведения предшествующей технологической операции будет в значительной мере оказывать влияние на надежность каждого элемента. При отказе одного структурного элемента приведет к отказу технической системы в целом. Таким образом, взаимосвязь структурных элементов такой системы носит последовательный характер. В этом случае возможно применение второй теоремы вероятностей, которая гласит: «Вероятность совместного появления нескольких зависимых событий равна произведению вероятности одного из них на условные вероятности всех остальных».

В общем случае, предварительная подготовка поверхностей восстанавливаемых деталей к электролитическому осаждению цинкового покрытия включает: их механическую обработку, обезжиривание и травление с промывками теплой и холодной водой [1-2, 4-15].

Если принять вероятность проведения высококачественной механической обработки поверхности, зачистки её наждачной шкуркой и установки устройства для гальванического осаждения цинка равной 1, то для схемы 1 (табл.) получаем следующее [1, 3]:

$$P_{\text{ц1}}(t) = P_{\text{об}}(t) \cdot P_{\text{пр1}}(t) \cdot P_{\text{пр2}}(t) \cdot P_{\text{тр}}(t) \cdot P_{\text{пр3}}(t) \cdot P_{\text{пр4}}(t) \cdot P_{\text{выд}}(t) \cdot P_{\text{вых}}(t), \quad (1)$$

где $P_{\text{об}}(t)$ – вероятность качественного обезжиривания;

$P_{\text{пр1}}(t) \dots P_{\text{вых}}(t)$ – условные вероятности.

Для проведения априорной оценки вероятность безотказной работы каждого из структурных элементов технической системы за большой промежуток времени принимается равной 0,99 [1, 3]. В этом случае, априорная оценка рассматриваемых технологических систем принимает вид:

$$P_{\text{ц1}}(t) = 0,99^8 = 0,92; P_{\text{ц2}}(t) = 0,99^6 = 0,94; P_{\text{ц3}}(t) = 0,99^7 = 0,93; P_{\text{ц4}}(t) = 0,99^6 = 0,94.$$

Таким образом, от 6 до 8 процентов брака из-за низкой прочности сцепления заложено в самой структуре технологического процесса предварительной подготовки подложки к гальваническому покрытию цинком. При этом, технологическая надежность всей технической системы будет зависеть от надежности самого слабого структурного элемента.

Таблица

Технологические процессы предварительной подготовки деталей к гальваническому цинкованию

Операция (структурный элемент)	Схемы			
	1	2	3	4
Механическая обработка восстанавливаемой поверхности	+		+	+
Зачистка поверхности наждачной шкуркой	+	+		+
Обезжиривание химическое				+
Промежуточная промывка холодной водой				+
Монтаж устройства для гальванического цинкования	+	+	+	+
Обезжиривание поверхности электрохимическое	+		+	
Промежуточная промывка горячей водой	+		+	
Промежуточная промывка холодной водой	+		+	
Анодное травление в 30 %-ном растворе H_2SO_4	+		+	+
Анодное травление в электролите цинкования				
Промежуточная промывка холодной водой			+	+
Анодное травление совместно с обезжириванием		+		
Промежуточная промывка холодной водой	+	+		
Промежуточная промывка горячей водой	+	+		
Промежуточная промывка холодной водой		+		
Подача электролита цинкования и выдержка без тока	+	+	+	+
Подача электролита цинкования и выход на режим	+	+	+	+

Стабильность технологической надежности это изменение во времени уровня надежности. Во время подготовки деталей к цинкованию проточным

способом по приведенным выше схемам надежность технической системы снижается ввиду частичного смешения рабочих растворов, в результате изменения их технологических свойств.

Проведение анодного травления детали непосредственно в электролите цинкования позволит усовершенствовать техническую систему. В этом случае процесс предварительной подготовки детали будет включать: механическая обработка; обезжиривание «венской известью»; промывка в холодной воде; анодное травление непосредственно в электролите цинкования; удаление продуктов травления с обрабатываемой поверхности; выход на режим и собственно само цинкование [1-2, 7-12].

Если надежность каждого структурного элемента предлагаемой технической системы принять равной надежности элементов существующих систем (1-4) $P_i(t) = 0,99$, то получаем априорную оценку ее технологической надежности по прочности сцепления следующего вида [1, 3]:

$$P_{\text{сц}}^{\text{пр}}(t) = P_{\text{об}}(t) \cdot P_{\text{пр}}(t) \cdot P_{\text{тр}}(t) \cdot P_{\text{вых}}(t) = 0,99^4 = 0,96 \quad (2)$$

То есть, совершенствование технологии предварительной подготовки позволило на 2 ... 4 % повысить технологическую надежность цинкования.

Это возможно при обеспечении надежности введенных элементов не менее надежности замененных. Например, в сравнении со схемой 3 (табл.):

$$P_{\text{тр}}(t) \cdot P_{\text{вых}}(t) \geq P_{\text{тр3}}(t) \cdot P_{\text{пр3}}(t) \cdot P_{\text{вых3}}(t) \quad (3)$$

Проведение такого совершенствования рационально при получении величины прочности сцепления покрытия с основой не менее чем в существующих технологиях, то есть [1, 3]:

$$\sigma_{\text{сц}}^{\text{пр}} \geq \sigma_{\text{сц}}^{\text{сущ}} \quad (4)$$

Таким образом, технологическая надежность предварительной подготовки деталей к электролитическому осаждению цинка играет огромную роль в получении высокой прочности сцепления покрытия с основой и обеспечения технологической надежности осаждения.

Литература

1. Захаров Ю.А. Совершенствование технологии восстановления посадочных отверстий корпусных деталей проточным электролитическим цинкованием: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03: защищена 20.12.01: утв. 26.04.02 / Захаров Юрий Альбертович. Пенза, 2001. 170 с.

2. Захаров Ю.А., Ремзин Е.В., Мусатов Г.А. Основные дефекты корпусных деталей автомобилей и способы их устранения, применяемые в авторемонтном производстве // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2584.

3. Митряков А.В. Надежность восстановительной технологии. Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1979. 183 с.

4. Захаров Ю.А., Спицын И.А., Ремзин Е.В., Мусатов Г.А. Устройство для гальваномеханического осаждения покрытий на внутренние цилиндрические поверхности деталей автомобилей // Инженерный вестник Дона, 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2676.

5. Schwarz Guenter, K. // Oberflaeche Surface. 1984. 25. №6. P.165.

6. D'Angelo, M.P. // Plat and Surface Finish. 1986. 73. №9. P.20.

7. Захаров Ю.А., Рылякин Е.Г., Лахно А.В. Анализ способов восстановления посадочных отверстий корпусных деталей машин // Молодой ученый. 2014. №16. С. 68-71.

8. Захаров Ю. А., Рылякин Е. Г., Семов И. Н. Восстановление посадочных поверхностей корпусных деталей машин проточным гальваническим цинкованием // Молодой ученый. 2014. №17. С. 58-62.

9. Захаров Ю. А., Рылякин Е. Г., Семов И. Н. Восстановление корпусных деталей гальваническим цинкованием // Актуальные вопросы современной науки. Научный журнал. № 4 (4). 2014. С. 11-16.

10. Захаров Ю.А., Ремизов Е.В., Мусатов Г.А. Анализ способов восстановления корпусных деталей транспортно-технологических машин и

комплексов // Молодой ученый. 2014. №19. С. 202-204.

11. Захаров Ю.А., Ремизов Е.В., Мусатов Г.А. Преимущества гальваномеханического осаждения металлов при восстановлении деталей мобильных машин // Молодой ученый. 2015. №1. С. 66-68.

12. Захаров Ю.А., Спицын И.А., Ремзин Е.В., Мусатов Г.А. К вопросу о совершенствовании гальванических способов восстановления деталей мобильных машин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2014. №4(12). С. 99-104.

13. Захаров Ю.А., Спицын И.А., Ремзин Е.В., Мусатов Г.А. Совершенствование технологического процесса гальванического цинкования деталей транспортно-технологических машин и комплексов // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2014. №4(12). С. 105-111.

14. Захаров Ю.А., Мусатов Г.А. Оценка качества гальванического покрытия деталей автомобилей // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2 URL: web.snauka.ru/issues/2015/02/46872.

15. Захаров Ю.А., Мусатов Г.А. Предварительная подготовка поверхности деталей машин к гальваническому осаждению покрытий // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 2 URL: web.snauka.ru/issues/2015/02/46539.

References

1. Zakharov Yu.A. Sovershenstvovanie tekhnologii vosstanovleniya posadochnykh otverstiy korpusnykh detaley protochnym elektroliticheskim tsinkovaniem [Improvement of technology of restoration of landing openings of case details flowing electrolytic galvanizing]: dis. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.03: zashchishchena 20.12.01: utv. 26.04.02. Zakharov Yuriy Al'bertovich. Penza, 2001. 170 p.

2. Zaharov Yu.A., Remzin E.V., Musatov G.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus),



2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2584.

3. Mitryakov A.V. Nadezhnost' vosstanovitel'noj tekhnologii [Reliability of recovery technology]. Saratov: Izd-vo Saratovskogo universiteta, 1979. 183 p.

4. Zaharov Yu.A., Spicyn I.A., Remzin E.V., Musatov G.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), 2014, №4 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2676.

5. Schwarz Guenter, K. Oberflaeche Surface. 1984. 25. №6. pp.165.

6. D'Angelo, M.P. Plat and Surface Finish. 1986. 73. №9. pp.20.

7. Zakharov Yu.A., Rylyakin E.G., Lakhno A.V. Molodoy uchenyy. 2014. №16. pp. 68-71.

8. Zakharov Yu. A., Rylyakin E. G., Semov I. N. Molodoy uchenyy. 2014. №17. pp. 58-62.

9. Zakharov Yu.A., Rylyakin E.G., Semov I.N. Aktual'nye voprosy sovremennoy nauki. Nauchnyy zhurnal. № 4 (4). 2014. pp. 11-16.

10. Zaharov Yu.A., Remizov E.V., Musatov G.A. Molodoy uchenyy. 2014. №19. pp. 202-204.

11. Zaharov Yu.A., Remizov E.V., Musatov G.A. Molodoy uchenyy. 2015. №1. pp. 66-68.

12. Zaharov Yu.A., Spicyn I.A., Remzin E.V., Musatov G.A. Modeli, sistemy, seti v ehkonomie, tekhnike, prirode i obshchestve. 2014. №4 (12). pp. 99-104.

13. Zaharov Yu.A., Spicyn I.A., Remzin E.V., Musatov G.A. Modeli, sistemy, seti v ehkonomie, tekhnike, prirode i obshchestve. 2014. №4 (12). pp. 105-111.

14. Zaharov Yu.A., Musatov G.A. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2015. № 2 URL: web.snauka.ru/issues/2015/02/46872.

15. Zaharov Yu.A., Musatov G.A. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2015. № 2 URL: web.snauka.ru/issues/2015/02/46539.