

Исследование виброгасящих свойств цинкового гальванопокрытия, нанесенного на подложку из серого чугуна СЧ 18

Ю.А. Захаров

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

Аннотация: Наличие вибрационных нагрузок в любом узле или агрегате практически всегда ведет к негативным последствиям в той или иной мере. Вибрации воздействуют как на биологические объекты, так и на материалы. Высокий уровень вибраций, при определенных условиях способен привести даже к разрушению поверхностей деталей и узла в целом. Целью данных исследований являлось изучение виброгасящей способности цинкового гальванопокрытия, применяемого для восстановления посадочных отверстий корпусных деталей машин. Основная задача – определить наличие и уровень виброгасящей способности цинка по отношению к серому чугуну СЧ18. Исследования проводились на лабораторном прототипе коробки передач (зубчатого редуктора) с применением вибродатчиков и осциллографа. В результате доказана виброгасящая способность гальванического цинка и определен сравнительный уровень гашения вибраций по сравнению с чугуном СЧ 18.

Ключевые слова: нагрузка, вибрация, виброгасящая способность, гальванопокрытие, подложка, виброскорость, виброускорение, осциллограммы, серноокислый электролит, цинковое покрытие, серый чугун.

В процессе работы любого узла или агрегата на его составные части оказывают влияние различные факторы, определяющие надёжность и ресурс работы. Возникают различного рода и интенсивности нагрузки, которые в значительной мере обуславливают то, насколько полноценно устройство будет выполнять свои эксплуатационные функции и сохранит свою работоспособность [1].

Наиболее опасными из всех механических воздействий для технических объектов при их динамическом нагружении являются вибрационные воздействия. Вибрация характеризуется такими параметрами, как частота, амплитуда, виброскорость и виброускорение [2].

Знакопеременные напряжения, вызванные вибрационными воздействиями, приводят к накоплению повреждений в материале, что способствует появлению усталостных трещин и разрушению [1, 3].

Кроме усталостных разрушений в механических системах наблюдаются и другие явления, вызываемые вибрационными воздействиями.

Например, эти воздействия приводят к постепенному ослаблению («разбалтыванию») неподвижных соединений, механическому изнашиванию поверхностей, возникновению эффекта резонанса и так далее [3].

Вибрационные воздействия вызывают малые относительные смещения сопряженных поверхностей в соединениях деталей машин, при этом происходит изменение структуры поверхностных слоев сопрягаемых деталей, их износ и, как результат, уменьшение силы трения в соединении, что вызывает изменение диссипативных свойств объекта, смещает его собственные частоты и т.п. [1, 4].

Если в объекте имеются подвижные соединения с зазорами, то вибрационные воздействия могут вызвать соударения сопрягаемых поверхностей, приводящие к их разрушению, а сопряжения, выполненные с гарантированным натягом, со временем могут стать переходными вплоть до появления зазора [2-3].

Вибрация влияет не только на технические объекты, но и на людей, находящихся вблизи источника вибрации или непосредственно в контакте с ним. Длительное воздействие вибрации нарушает нормальное состояние человека, непосредственно влияет на его самочувствие, здоровье, производительность труда и качество выполняемой работы [5-6].

Таким образом, вибрационные воздействия могут вызывать как разрушения, так и отказ машин, приборов и аппаратов, а также снижать трудоспособность человека.

Следовательно, для продления сроков службы восстанавливаемых узлов и агрегатов необходимо использовать материалы и технологии, позволяющие максимально снизить вредное воздействие вибрационных процессов.

Целью данных исследований является изучение способностей цинкового гальванопокрытия снижать уровень вибраций (виброгасящие свойства), возникающих при работе механического узла или агрегата.

Задачей исследований было определение наличие виброгасящих свойств цинкового гальванопокрытия по отношению к подложке из серого чугуна СЧ 18.

В качестве объекта исследований была выбрана лабораторная модель механического редуктора с цилиндрическим прямозубым зацеплением, имитирующим процесс работы типовой коробки передач транспортных средств.

Предметом исследования являются параметры вибрационной нагрузки, возникающей во время эксплуатации механических систем.

Для выявления и сравнения виброгасящих свойств цинковых гальванопокрытий и чугуна СЧ 18 проводили исследования, которые заключались в получении осциллограмм, характеризующих величину виброускорения, как наиболее полно характеризующего вибронагружение параметра [7].

Экспериментальная установка для этих исследований содержит электропривод, модель коробки передач со сменными обоймами под опорные подшипники валов зубчатых колес, выполненных в виде колец с внутренним диаметром 80 мм, высотой 30 мм и толщиной стенки 10 мм из серого чугуна СЧ 18 [8].

Серый чугун СЧ 18 выбран потому что из этого материала выполнено большинство корпусных деталей сельскохозяйственных машин и транспортных средств [1].

К этим обоймам присоединяли вибродатчик, который передавал информацию на осциллограф.

Для проведения исследований наносили цинк гальваномеханическим осаждением из сернокислого электролита на внутреннюю поверхность чугунных обойм [8-9].

Цинковое гальванопокрытие с прочностью сцепления равной прочности цинка на разрыв (70 МПа) и достаточной микротвердостью наносили при следующих рабочих режимах электролиза [1, 9]:

1. Травление: анодная плотность тока D_a 25-30А/дм²; время травления τ 45-35с.

2. Начальный период осаждения: время выдержки без тока τ_1 20-30 с; катодно-анодный показатель β_n 1,25-1,5; начальная катодная плотность тока $D_{кн}$ 10-15 А/дм²; температура электролита T 293-303 К; кислотность электролита 3,5-4,5 рН; скорость движения электролита V 0,2-0,3 м/с.

3. Рабочий период осаждения: катодная плотность тока D_k 25-30 А/дм²; температура электролита T 293-303 К; кислотность электролита 3,5-4,5 рН; скорость циркуляции электролита V 0,2-0,3 м/с.

Концентрация сернокислого цинка в электролите при этом поддерживалась на уровне 500 г/л. Все этапы гальваномеханического осаждения проводились в одном и том же электролите, с одной установки чугунной обоймы, с промежуточными промывками водой.

Вначале снимали показания без нанесения цинкового гальванопокрытия, затем наносили слой цинка толщиной 0,1 мм и снимали показания.

После получения данных, слой цинка удаляли механическим путем, наносили следующий слой покрытия толщиной 0,2 мм и снимали показания. Процесс повторяли с интервалом нанесения покрытий – 0,1 мм до достижения толщины цинкового гальванопокрытия – 0,6 мм.

Дальнейшее повышение толщины наносимого слоя цинкового гальванопокрытия не проводилось ввиду отсутствия необходимости

применения осадков большей толщины при восстановлении работоспособности посадочных поверхностей корпусных деталей машин [1].

Показания снимали при помощи вибродатчиков типа ПДУ–2, в режиме реального времени, характер вибраций и величину виброускорения определяли посредством двухлучевого осциллографа типа С1–93. Исследования проводили при частоте вращения ведущего вала 900 об/мин с двукратной повторностью при трех параллельных измерениях.

Эти исследования в достаточной мере позволяют судить о различии виброгасящих свойств цинкового покрытия и материала корпусных деталей – чугуна СЧ 18.

Основываясь на пластичности цинковых покрытий, мы предположили, что они обладают более высокими виброгасящими свойствами, чем серый чугун [1, 10] . Согласно методике исследований, приведенной выше, получены осциллограммы, описывающие вибрационные процессы в восстановленных узлах при различной толщине цинкового гальванопокрытия, две из которых приведены на рисунках 1 и 2.

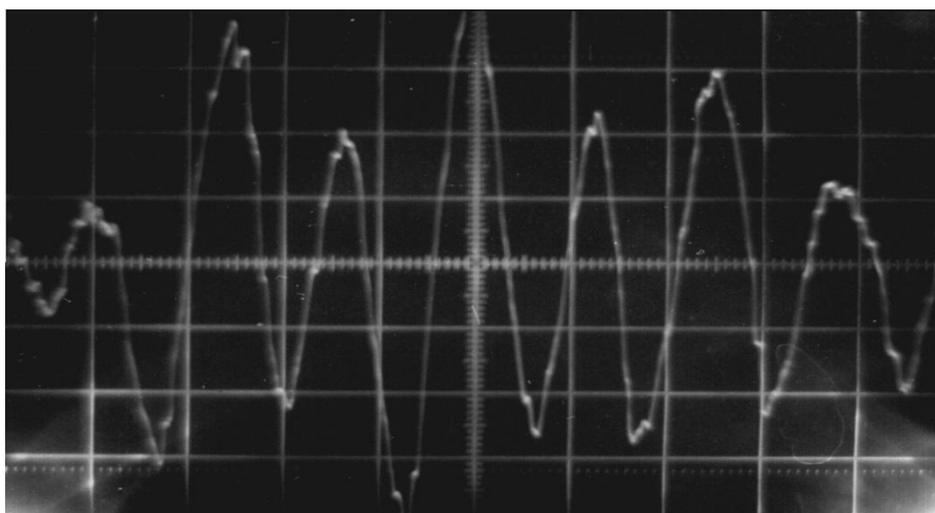


Рисунок 1. Осциллограмма общего уровня вибраций в исследуемом узле.

Толщина цинкового гальванопокрытия $h = 0$ мкм

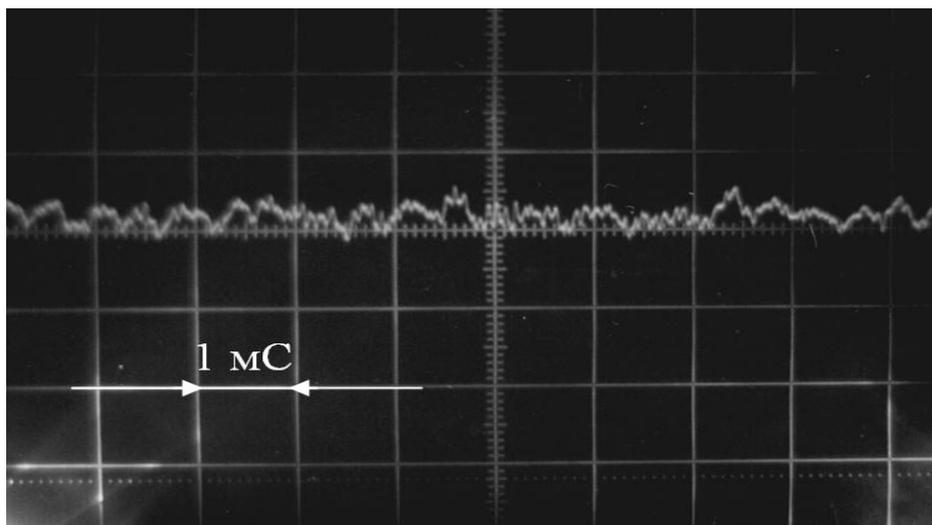


Рисунок 2. Осциллограмма общего уровня вибраций в исследуемом узле.

Толщина цинкового гальванопокрытия $h = 0,6$ мкм

Скорость развертывания сигнала составляла 1 миллисекунду, при такой скорости достаточно наглядно видна разница величины вибраций, возникающих на обойме из серого чугуна в процессе работы модели коробки передач. Наибольшее снижение вибраций происходило при толщине цинкового гальванопокрытия 0,6 мм. Как уже упоминалось ранее, дальнейшее увеличение толщины цинка нецелесообразно, так как не будет применяться при восстановлении геометрии внутренней поверхности посадочных отверстий корпусных деталей машин.

Однако, при необходимости, можно наращивать и более толстые слои гальванического цинка, вплоть до 2 мм [1]. Дальнейшее наращивание толщины приведет к возникновению избыточных внутренних напряжений в гальванослое, которые могут привести к растрескиванию и последующему его отслаиванию от подложки [10-11].

Данные осциллограммы характеризуют уровень виброускорения вибраций, возникающих в испытуемом узле [12].

При анализе полученных осциллограмм установили, что цинковое покрытие снижает величину виброускорения от 7 до 16 раз (в зависимости

от его толщины слоя цинка) по отношению к чугуны СЧ 18.

Таким образом, результаты исследований подтверждают предположения о более высоких виброгасящих свойствах цинкового покрытия по отношению к материалу корпусных деталей (чугуну СЧ 18), то есть цинк снижает величину виброускорения, а следовательно и отрицательное воздействие вибрации.

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. Новиков, Д. С., Яманин А.И. Вибрация автомобильного силового агрегата // Труды НАМИ. – 2012. – № 250. – С. 50-61.

3. Скворцов, О. Б. Аддитивные высокочастотные вибрации и синергичность усталостной прочности // Инновационные проекты и технологии машиностроительных производств: Материалы четвертой всероссийской научно-технической конференции, Омск, 22 октября 2021 года. – Омский государственный университет путей сообщения, 2021. – С. 172-180.

4. Скворцов, О. Б. Системы сбора данных для вибрационного мониторинга зубчатых передач // Теория и практика зубчатых передач и редукторостроения: Сборник докладов научно-практической конференции, Ижевск, 19–21 мая 2021 года. – Издательство УИР ИжГТУ имени М. Т. Калашникова, 2021. – С. 119-134.

5. Попов, А. В., Чернова Г.А. Условия эксплуатации и напряженность труда водителя // Министерство науки и высшего образования РФ, Волгоградский государственный технический университет, Волжский

политехнический институт (филиал). – Волгоградский государственный технический университет, 2021. – 348 с.

6. Васильев, А. В. Подходы к разработке методологических основ методов комплексного снижения механического шума и вибрации поршневых машин и установок // Актуальные проблемы и направления развития энергоресурсноэффективных технологий органического и неорганического синтеза, Стерлитамак, 19–20 мая 2021 года / Редакционная коллегия: Боев Е.В., Овсянникова И.В., Финакова Н.Н., Лузина М.С., Сулейманов Д.Ф., Пучкова Л.Н., Хакимова Г.В., Кадыров Р.Р., Бондарь К.Е. Рецензент: Шулаев Н.С., доктор технических наук, профессор, филиал ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке. – Стерлитамак: Нефтяное дело, 2021. – С. 212-216.

7. Weng Y., et al. Robust and compact fiber Bragg grating vibration sensor for seismic measurement // IEEE sensors journal. 2011. no. 12. pp. 800-804.

8. Захаров, Ю. А., Спицын И.А., Мусатов Г.А. Экспериментальная установка для лабораторных исследований гальваномеханического цинкования восстанавливаемых деталей мобильных машин из проточного электролита // Инженерный вестник Дона, 2015. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2787

9. Захаров Ю.А., Спицын И.А., Мусатов Г.А. Теоретическое обоснование повышения производительности гальванического осаждения покрытий на восстанавливаемые поверхности деталей автомобилей // Инженерный вестник Дона, 2015, №2. ч.2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2814.

10. Everer, P. J. // App. Polym. Sci. 2001, v. 15, №12; p. 3067.

11. Mao T.J., Reigen S.L. Adhesion and Cohesion. Amsterdam, Elsevier Publ. Corp., 2002, p.209.



12. Яманин, А. И., Новиков Д.С. Развитие метода анализа вибрационного состояния транспортных дизелей // Автомобильная промышленность. – 2011. – № 8. – С. 11-13.

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. 170p.

2. Novikov, D. S., Yamanin A. I. Trudy NAMI. 2012. № 250. pp. 50-61.

3. Skvortsov, O. B. Innovatsionnye proekty i tekhnologii mashinostroitel'nykh proizvodstv: Materialy chetvertoy vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Omsk, 22 oktyabrya 2021. Omskiy gosudarstvennyy universitet putey soobshcheniya, 2021. pp. 172-180.

4. Skvortsov, O. B. Teoriya i praktika zubchatykh peredach i reduktorostroeniya: Sbornik dokladov nauchno-prakticheskoy konferentsii, Izhevsk, 19–21 maya 2021 goda. Izdatel'stvo UIR IzhGTU imeni M. T. Kalashnikova, 2021. pp. 119-134.

5. Popov, A. V., Chernova G. A. Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya RF, Volgogradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, Volzhskiy politekhnicheskii institut (filial). Volgogradskiy gosudarstvennyy tekhnicheskii universitet, 2021. 348 p.

6. Vasil'ev, A. V. Aktual'nye problemy i napravleniya razvitiya energoresursnoeffektivnykh tekhnologiy organicheskogo i neorganicheskogo sinteza, Sterlitamak, 19–20 maya 2021 goda. Redaktsionnaya kollegiya: Boev



E.V., Ovsyannikova I.V., Finakova N.N., Luzina M.S., Suleymanov D.F., Puchkova L.N., Khakimova G.V., Kadyrov R.R., Bondar' K.E. Retsenzent: Shulaev N.S., doktor tekhnicheskikh nauk, professor, filial FGBOU VO «Ufimskiy gosudarstvennyy neftyanoy tekhnicheskiy universitet» v g. Sterlitamake. Sterlitamak: Neftyanoe delo, 2021. pp. 212-216.

7. Weng Y., et al. IEEE sensors journal. 2011. №12. pp. 800-804.

8. Zaharov, YU. A., Spicyn I.A., Musatov G.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2015. № 1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2015/2787

9. Zakharov YU.A., Spicyn I.A., Musatov G.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2015, №2, ch.2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2p2y2015/2814.

10. Everer, P. J. App. Polym. Sci. 2001, v. 15, №12; p. 3067.

11. Mao T.J., Reigen S.L. Adhesion and Cohesion. Amsterdam, Elsevier Publ. Corp., 2002, p.209.

12. Yamanin, A. I., Novikov D. S. Avtomobil'naya promyshlennost'. 2011. № 8. pp. 11-13.