

УДК 621.785.533

Профессор В.И. Серебровский, доцент Р.И. Сафронов,
аспирант Б.С. Блинков,

(Курская гос.сельскохозяйств. академ.) кафедра электротехники и электроэнергетики.
тел.+7(4712)53-13-70

аспирант М.В. Журавлев

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии броидильных и сахаристых производств.
тел. (473) 255-07-51

Professor V.I. Serebrovskii, associate professor R.I. Safronov,
graduate B.S. Blinkov,

(Kursk State Agricultural Academy) Department of electrical equipment and power industry.
phone + 7(4712)53-13-70

graduate M.V. Zhuravlev

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of fermentation and sugar
industries technology.
phone (473) 255-07-51

Упрочнение электроосажденного железа химико-термической обработкой

Hardening of the electrodesieged iron chemical heat treatment

Реферат. В настоящее время в ремонтном производстве на стадии восстановления стальных деталей широкое применение получили специальные покрытия, образующиеся за счет электролитического воздействия на ионы железа. Данный технологический прием отличается высокой производительностью, простотой проведения, невысокой стоимостью технологического оборудования и применяемых материалов, а также легкой автоматизацией процесса. Однако данный метод имеет ряд недостатков: низкую усталостную прочность восстановленных деталей, недостаточно прочное сцепление железного покрытия с основой, в частности, с легированными сталями, недостаточную износостойкость. С целью повышения долговечности и износостойкости деталей, восстановленных за счет электрохимического воздействия, предлагается использовать химико-термическую обработку, заключающуюся в применении нитроцементации. Исследована эффективность применения различных режимов нитроцементации в высокоактивном пастообразном карбонизаторе, и их влияние на структуру и свойства железных гальванических покрытий. Установлено, что нитроцементация как при низких, так и при высоких температурах многократно (в 6-7,5 раз) повышает микротвердость покрытий. При этом наивысшая твердость получается при низкотемпературной нитроцементации с непосредственной закалкой в воде. Проведение процесса нитроцементации при низких температурных значениях (650 °C), значительно повышает твердость железного покрытия, увеличивая при этом предел его текучести, а также значительно увеличивает и его предел выносливости. Усталостная прочность нитроцементированных образцов с железными осадками на поверхности, как показали наши исследования, не только выше прочности таких же образцов без нитроцементации (более чем в 2 раза), но и выше чем усталостная прочность основного металла без покрытия. Повышение температуры нитроцементации не приводит к повышению твердости электролитического железа. Разработана рациональная технология упрочнения стальных деталей, восстановленных железнением. Выбраны оптимальные режимы нитроцементации для упрочнения деталей, восстановленных железнением, с целью повышения долговечности деталей машин. Оптимальным технологическим температурным режимом проведения процесса нитроцементации, при котором возможно получение максимальной усталостной прочности и износостойкости от восстанавливаемой детали, является протекание нитроцементации при 650 °C, с последующей закалкой и отпуском при 150 °C.

Summary. Currently in the repair and manufacture at the stage of recovery of steel parts, widely used special coatings formed by electrolytic effects on ferrous ions. This technique offers high performance, ease of implementation, low cost of technological equipment and materials used, as well as easy automation of the process. However, this method has several disadvantages: low fatigue strength of reconditioned parts, insufficiently strong grip of the iron coating to the substrate, particularly in alloy steels, insufficient wear resistance. For the purpose of increasing durability and wear resistance of parts, restored through electrochemical action, it is proposed to use chemical-heat treatment, consisting in the application of carbonitriding. Investigated the efficacy of different modes of carbonitriding in the highly carburizing paste-and their influence on the structure and properties of iron plating. It is established that the nitrocarburizing both low and high temperatures repeatedly (6-7.5 times) increases the microhardness of the coatings. The highest hardness is obtained by low-temperature carbonitriding with direct quenching in water. Conducting the carbonitriding process at low temperatures (650 °C), significantly increases the hardness of the iron coatings, increasing the limit of its fluidity, a and also greatly increases its endurance limit. Nitrocarburized fatigue strength of samples with iron precipitation on the surface, as shown by our studies, not only higher strength of the same samples without carbonitriding (more than 2 times), but higher than the fatigue strength of the base metal without coatings. Raising the temperature of the carbonitriding did not increase the hardness of electrolytic iron. Developed a rational technology of hardening of steel parts, re-chain iron fortification. Selected optimum conditions for carbonitriding hardening restored iron fortification, with the purpose of increasing durability of machine parts. Optimal process temperature re-benching of the process of carbonitriding in which is possible to obtain maximum fatigue strength and wear resistance from the restored detail, is the process of carbonitriding at 650°C, followed by quenching and tempering at 150 °C.

Ключевые слова: нитроцементация, усталостная прочность, износостойкость, гальванические покрытия, упрочнение деталей.

Key words: nitrocarburizing, fatigue strength, snooty-bone, electroplating, hardening of parts.

© Серебровский В.И., Сафронов Р.И.,
Блинков Б.С., Журавлев М.В., 2015

Гальванические (электролитические) покрытия широко применяются в ремонтном производстве при восстановлении стальных деталей, имеющих относительно небольшие износы (0,3...0,5 мм), при этом наиболее широкое применение находит электролитическое железнение. Этот способ восстановления отличается высокой производительностью, простотой и невысокой стоимостью оборудования и материалов, возможностью одновременного наращивания большого количества деталей, автоматизацией процесса. Однако наряду с положительными сторонами, упомянутыми выше, электролитическое железнение имеет ряд недостатков, а именно: низкую усталостную прочность восстановленных деталей, недостаточно прочное сцепление железного покрытия с основой (в частности, с легированными сталями) и, во многих случаях, недостаточную износостойкость. В связи с этим ресурсы деталей, восстановленных железнением, заметно ниже ресурсов новых деталей.

С целью повышения долговечности деталей, восстановленных железными покрытиями, предлагаются различные способы упрочнения, из которых наиболее рациональным следует признать химико-термическую обработку, в частности, нитроцементацию [1, 2].

Настоящая работа посвящена исследованию влияния режимов нитроцементации в высокоактивном пастообразном карбюризаторе на структуру и свойства железных гальванических покрытий с целью разработки рациональной технологии упрочнения стальных деталей, восстановленных железнением.

Для нанесения железных покрытий на стальные изделия был использован хлоридный электролит, осаждение проводилось на переменном асимметричном токе с коэффициентом асимметрии $\beta=6$, катодная плотность тока 30...40 А/дм² [3]. Микроструктура железного осадка представлена на рисунке 1.

Нитроцементация проводилась в высокоактивном пастообразном карбюризаторе следующего состава (% масс): сажа газовая-60; железосинеродный калий $[K_4Fe(CN)_6]$ -30; углекислый натрий (Na_2CO_3)-10; пастообразующая жидкость – водный раствор карбометилцеллюлозы (клей КМЦ) [4]. Компоненты пасты в порош-

кообразном состоянии тщательно перемешивались и разводились клеем до консистенции густой пасты. Паста наносилась на образцы слоем 1,5...2 мм и высушивалась. Образцы с сухим нитроцементующим покрытием упаковывались в контейнер с наполнителем в виде смеси чугуновой стружки с сажой. Контейнер помещался в печь, разогретую до заданной температуры, и выдерживался там необходимое время.



Рисунок 1. Микроструктура электроосажденного железа ($\beta=6$ Дк - 3 А/дм²)

После нитроцементации образцы выгружались из контейнера, подвергались заданной термообработке и использовались для определения микротвердости, усталостной прочности и износостойкости. Усталостную прочность определяли неразрушающим вихретоковым способом по методике [5], износостойкость – на машине трения СМЦ-2 в условиях граничного трения (контртело-чугун СЧ18) с добавлением в смазку абразива (10 г на 1 л).

Установлено, что проведение процесса нитроцементации при низких температурных значениях (650°C), значительно повышает твердость железного покрытия, увеличивая при этом предел его текучести, а также значительно увеличивает и его предел выносливости. Усталостная прочность нитроцементованных образцов с железными осадками на поверхности, как показали наши исследования, не только выше прочности таких же образцов без нитроцементации (более чем в 2 раза), но и выше, чем усталостная прочность основного металла без покрытия.

Результаты эксперимента представлены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1

Результаты эксперимента по определению микротвёрдости, прочности и износостойкости материалов

Материал, упрочняющая обработка	Микротвердость $H_{\mu 100}$, МПа	Предел выносливости σ_{-1} , МПа	Интенсивность изнашивания, кг·10 ⁻⁶ /ч
Сталь 30Х, нормализация	1450	308	11,5
Железное покрытие без термообработки	3605	199	12,2
Железное покрытие, нитроцементация (650°C, 3ч), закалка в воде, отпуск при 150°C	11885	420	1,9
Железное покрытие нитроцементация (650°C, 3ч), закалка в воде, отпуск при 350°C	10495	348	2,3

Как видно из экспериментальных данных, нитроцементация в пастообразном карбюризаторе радикальным образом изменила свойства железных электролитических осадков. Нитроцементация как при низких, так и при высоких температурах многократно (в 6-7,5 раз) повышает микротвердость покрытий. При этом наивысшая твердость получается при низкотемпературной нитроцементации с непосредственной закалкой в воде. Повышение температуры нитроцементации не приводит к повышению твердости электролитического железа.

Нитроцементированный слой, полученный при температуре 650 °С, имеет на поверхности тонкую пленку ϵ - карбонитрида, под которой на глубину примерно 0,05 мм простирается зона азотистого аустенита с вкраплениями мелких карбонитридов. Эта зона плавно переходит в структуру железного покрытия, причем покрытие отделено от основы четкой границей (рисунок 2).

При закалке нитроцементированного слоя в нем возникают значительные сжимающие напряжения, что приводит к его высокой усталостной прочности, а большая твердость карбонитридной корки и нижележащих зон к высокой износостойкости.

ЛИТЕРАТУРА

1 Пат. № 2524294, RU, C1 C23C28/02 (2006.01). Способ упрочнения электроосажденных железохромистых покрытий нитроцементацией / В.И. Серебровский, Л.Н. Серебровская, Н.В. Коняев.; №2013110268/02; Заявл. 07.03.2013; Оpubл. 27.07.2014, Бюл. №21.

2 Серебровский В.И., Серебровский В.В., Серебровская Л.Н., Сафронов Р.И. и др. Упрочнение электроосажденных железных покрытий вольфрамом и молибденом // Материалы VI международной научно-практической конференции Фундаментальная наука и технологии - перспективные разработки. North Charleston, SC, USA. 2015. С. 183-186.

3 Серебровский В.И., Гнездилова Ю.П. Электроосаждение бинарных сплавов на основе железа для упрочнения деталей машин // Вестник Орловского государственного аграрного университета. 2012. №1. С. 9-12.

4 Серебровский В.И., Гадалов В.Н., Гончаров А.Н., Григорьев С.Б. и др. Упрочнение электроосажденных сплавов на основе железа // Технология металлов. 2011. №8. С. 37-39.

5 Гадалов В.Н., Серебровский В.И. Структура и физико-механические свойства сталей, сплавов и multifunctional покрытий: монография. Курск.: Курская гос. с.-х. акад., 2010. 318 с.

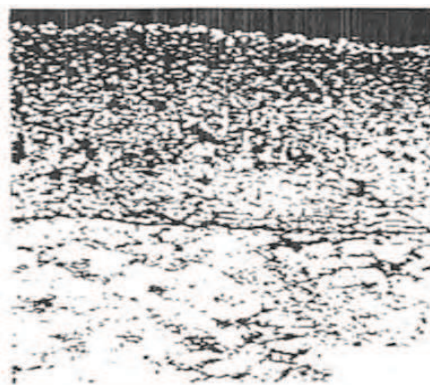


Рисунок 2. Микроструктура переходной зоны

Таким образом, можно заключить, что нитроцементация железных электролитических покрытий значительно повышает их эксплуатационные свойства, такие как износостойкость и усталостную прочность. Оптимальным технологическим температурным режимом проведения процесса нитроцементации, при котором возможно получение максимальной усталостной прочности и износостойкости от восстанавливаемой детали, является протекание нитроцементации при 650 °С, с последующей закалкой и отпуском при 150 °С.

REFERENCES

1 Serebrovskii V.I., Serebrovskaya L.N., Konyaev N.V. Spособ uprochneniya elektroosazhennykh zhelezokhromistykh pokryitiiy nitrotsementatsiei [The method of hardening electrodeposited iron-chromium covering nitrocarburizing]. Patent RF, no. 2524294, 2014. (In Russ.).

2 Serebrovskii V. I., Serebrovskii V.V., Serebrovskaya L.N., Safronov R.I. Hardening of electrodeposited iron coating with tungsten and molybdenum. Fundamental'naya nauka i tekhnologii – perspektivnye razrabotki. [Materials of the VI international scientific and practical conference Fundamental science and technologies - promising developments. North Charleston, SC, USA], 2015, pp. 183-186. (In Russ.).

3 Serebrovskii V. I., Gnezdilova Yu.P. Electrodeposition of binary iron-based alloys for hardening of machine parts. Vestnik Orlovskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. [Bulletin of Orel state agrarian University], 2012, no. 1, pp. 9-12. (In Russ.).

4 Serebrovskii V.I., Gadalov V.N., Goncharov A.N., Grigoriev S. B. Hardening of electrodeposited iron-based alloys. Tekhnologiya metallov. [Metals Technology], 2011, no. 8, pp. 37-39. (In Russ.).

5 Gadalov V.N., Serebrovskii V.I. Struktura i fiziko-mekhanicheskie svoistva stalei, spлавov i mnogofuktsional'nykh pokrytii [Structure and physical-mechanical properties of steels, alloys and multifunctional coatings]. Kursk, Kurskaya gos. s-kh. akad., 2010. 318 p. (In Russ.).