

УДК: 621.0.484

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЖЕЛЕЗА С ТИТАНОМ, ЦИРКОНИЕМ И УГЛЕРОДОМ В СРЕДЕ КЕРОСИНА И ПЕНТАНА ПРИ ОБРАБОТКЕ ИСКРОВЫМИ РАЗРЯДАМИ

Перетятку П.В. – к.т.н., Ожегов А.В. – аспирант

(Бельцкий Государственный Университет им. Алеку Руссо, Республика Молдова)

Мазанко В.Ф. – д.т.н., Герцрикен Д.С. – к.т.н., Миронов Д.В. – к.т.н.

(Институт Металлофизики, НАНУ, Украина)

В работе представлены результаты экспериментальных исследований взаимодействия железа с титаном, цирконием и углеродом в среде керосина и пентана при обработке искровыми разрядами. Результаты показали, что в формирующихся покрытиях и диффузионной зоне содержатся мелкодисперсные карбиды и остаточный аустенит, что способствует увеличению микротвердости поверхности образца и, как следствие, должно увеличить долговечность эксплуатации изделий, обработанных в аналогичных условиях. Использование жидких сред различной плотности и с разным содержанием легирующего элемента, наряду с такими параметрами, как энергия импульса и материал анода, позволяет увеличить толщину формирующихся покрытий, целенаправленно изменять фазовый состав, структуру и свойства приповерхностных слоев.

Известно, что насыщение приповерхностных слоев металлов углеродом в процессе ЭИЛ увеличивает их твердость, износостойкость, жаропрочность и другие механические характеристики [1-6]. В настоящее время достаточно хорошо изучено влияние параметров обработки на фазообразование при ЭИЛ, однако роль рабочей среды выяснена недостаточно, несмотря на то, что уже проводились подобные исследования [2, 3, 6]. В этой связи перспективой изучения влияния легирующего элемента на процесс ЭИЛ является учёт не только материала анода, но и межэлектродной среды.

Для обработки образцов искровыми разрядами и нанесения покрытий [7] использовали промышленную установку Элитрон-22, состоящую из импульсного генератора тока и блока нагрузок. Принцип ее действия основан на генерировании электроискровых разрядов между двумя электродами (катодом – обрабатываемое изделие и анодом – материал, предназначенный для легирования обрабатываемой поверхности) при подаче на них напряжения с генератора. Энергия искрового разряда составляла $W \sim 0,9$ и $6,4$ Дж. Частота следования разрядных импульсов $f > 60$ Гц. Длительность импульса $\tau_{имп}$ составляла 200 мкс. В

экспериментах применяли как традиционный (контактный) метод, так и бесконтактный метод легирования, при котором варьировалась величина межэлектродного промежутка (МЭП) S от 0,5 до 2 мм. Эксперименты проводили в специальной камере, куда помещали соответствующие среды [8].

В качестве углеродосодержащих сред были выбраны керосин и пентан, поскольку они при нормальных условиях находятся в жидкой фазе. Керосин, как известно, состоит из смеси углеводородов (от C_9 до C_{16}) и в зависимости от их соотношения температура кипения рабочей жидкости изменяется от 383 до 593 °К. Используемый в данной работе керосин состоял преимущественно из $C_{12}H_{26}$ и начинал возгоняться при температуре не ниже 423 °К. Температура кипения пентана C_5H_{12} ($CH_3-(CH_2)_3-CH_3$) составляет 309 °К. То есть, при комнатной температуре обе среды оставались в жидкой фазе. Другой причиной выбора именно этих сред было существенное различие по содержанию в них углерода. Все эксперименты проводили при следующих режимах: энергия разряда 0,9 или 6,4 Дж; расстояние между электродами – 1 мм; длительность импульса разряда – 200 мкс; производительность обработки – 2 $см^2/мин$. Аноды были выполнены из

тугоплавких материалов с ГПУ-решеткой – титана, циркония, углерода (графита). Применяли две схемы обработки (для двух сред и металлов анода). В одном случае покрытие формировалось путем нанесения слоя С, Ti либо Zr, а во втором создавались последовательно три слоя и углерод (графит) наносился между слоями того или иного металла.

Для исследования распределения материала анода в железе применяли изотопы титана, циркония и углерода ^{44}Ti , ^{95}Zr , ^{14}C . В этих экспериментах титан и цирконий наносили на поверхность железа, а углерод входил в состав материала анода и диэлектрической жидкости (пентан или керосин).

Микротвердость полированных и травленных шлифов определяли на микротвердомере ПМТ-3 с грузом 50 г. Рентгеноструктурный анализ поверхности покрытия и диффузионной зоны проводили в фильтрованной K_{α} излучении кобальта.

Распределение титана из анода и углерода из среды при энергии разряда $W=0,9$ Дж приведено на рис. 1.

Видно, что наличие большего количества углерода в рабочей среде способствует большей глубине проникновения его атомов в обрабатываемую поверхность. Несколько увеличивается и глубина проникновения атомов титана в железо. Аналогичные результаты получены на цирконии, однако атомы циркония проникают в железо на глубину 15 и 60 мкм (пентан), 20 и 90 мкм (керосин) соответственно для одно- и трехслойного покрытия. При увеличении значения W до 6,4 Дж вид профилей сохраняется, но происходит увеличение глубины проникновения всех легирующих примесей в железо и толщины формирующихся покрытий примерно в 4-6 раз.

Поскольку атомы титана и углерода, циркония и углерода проникают одновременно в железо, а атомы железа в титановое, циркониевое или трехслойное покрытие (Ti, Ti-C-Ti, Zr, Zr-C-Zr),

образуется сложный фазовый состав покрытия и диффузионной зоны (табл. 1).

Такое различие в фазовых составах формирующихся покрытий и диффузионной зоны между покрытием и подложкой при нанесении одного или трех слоев в средах с разным содержанием углерода не могло не сказаться на микротвердости покрытий (рис. 2).

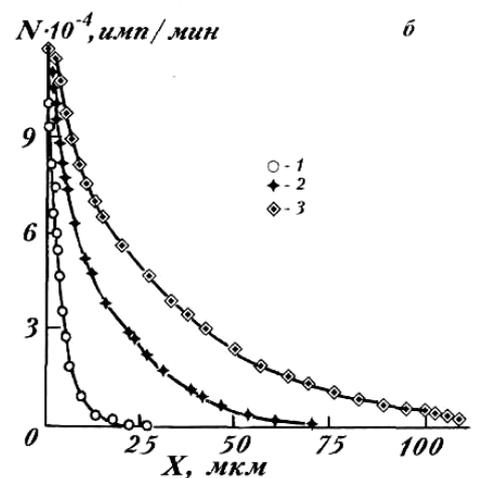
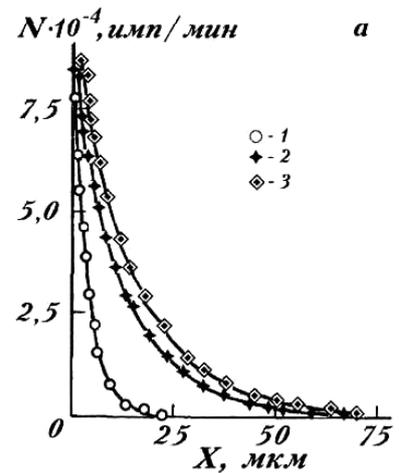


Рис. 1. Распределение ^{44}Ti , предварительно нанесенного на образец после ЭИЛ титановым анодом (1); попеременно титановым, графитным, титановым анодом (2) и распределение ^{14}C при обработке тремя анодами (3): а – в среде пентана; б – в керосине.

Анализируя приведенные на рисунке зависимости H_{μ} от глубины проникновения, видим, что наибольшая микротвердость наблюдается при трех последовательных легированиях и в керосине, причем это справедливо для обоих металлов. По-видимому, это связано с образованием большего числа мелкодисперсных карбидов железа, титана

или циркония и мартенсита при трехслойном покрытии по сравнению с покрытием в один слой и при обработке в среде с большим содержанием углерода, то есть в керосине. Отметим, что распределение карбидов неравномерно из-за высоких градиентов температур, поэтому максимум микротвердости наблюдается на различных расстояниях от поверхности. Отметим, что первый и второй максимумы различны по величине, причем это справедливо для пентана и керосина, для титана и циркония. В

отсутствие промежуточного легирования графитным анодом (однослойное покрытие) наблюдается монотонно спадающая с удалением от поверхности зависимость $H_{\mu}=f(x)$. Аналогичный результат получен авторами [6] при изучении взаимодействия железа с титаном и цирконием при ЭИЛ в среде пропан-бутана и керосина с иным соотношением различных углеводородов и более высокой температурой кипения.

Влияние среды на фазовый состав слоев на железе, расположенных от поверхности до основного металла (энергия разряда $W=6,4$ Дж)

Материал анода	Рабочая среда	
	пентан	керосин
однослойное покрытие		
Ti	Fe ₂ Ti, α-Ti, Ti ₂ C, TiC (следы), α-Fe (феррит), Fe ₃ C (следы)	Fe ₂ Ti, α-Ti, TiC, α-Fe (мартенсит), Fe ₃ C с нарушенной стехиометрией
Zr	α-Zr, ZrO ₂ , ZrC, α-Fe (феррит), Fe ₃ C (следы)	α-Zr, α-Fe (мартенсит), Fe ₃ C, ZrC
C	α-Fe (мартенсит), Fe ₃ C, FeO	α-Fe (мартенсит), Fe ₃ C, FeO
трехслойное покрытие (приведен состав в целом по трем слоям)		
Ti-C-Ti	TiC, α-Ti, γ-Fe, α-Fe	TiC, α-Ti, γ-Fe, α-Fe
Zr-C-Zr	ZrC, α-Zr, γ-Fe (аустенит), α-Fe (феррит), α-Fe (мартенсит), Fe ₃ C	ZrC, α-Zr, γ-Fe (аустенит), α-Fe (феррит), α-Fe (мартенсит), Fe ₃ C

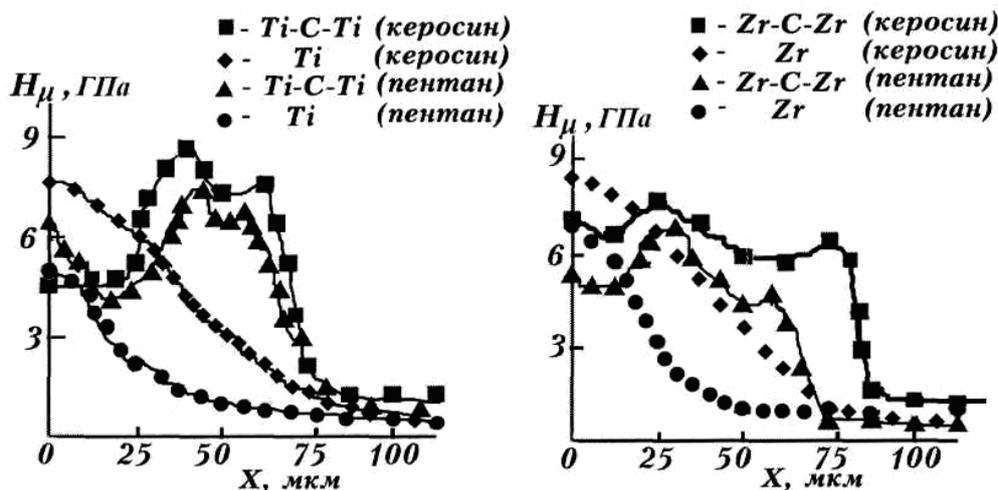


Рис. 2. Распределение микротвердости в железе в зависимости от среды, материала анода и количества нанесенных слоев.

Таким образом, в формирующемся покрытии и диффузионной зоне содержатся мелкодисперсные карбиды, остаточный аустенит, что способствует увеличению микротвердости поверхности образца и, как следствие, должно увеличить долговечность

эксплуатации изделий, обработанных в аналогичных условиях.

Следовательно, использование жидких сред различной плотности и с разным содержанием легирующего элемента, наряду с такими параметрами как энергия импульса и материал анода, позволяет

увеличить толщины формирующихся покрытий, целенаправленно изменять фазовый состав, структуру и свойства приповерхностных слоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. ПЕРЕТЯТКУ, П.В.; МИХАЙЛОВ, В.В.; МАЗАНКО, В.Ф.; ГЕРЦРИКЕН, Д.С.; ФАЛЬЧЕНКО, В.М. Массоперенос и фазообразование в многокомпонентных системах в условиях электроэрозионного легирования. Актуальные вопросы диффузии, фазовых и структурных превращений в сплавах, 19-24 июня, 1995 г., Сокирне, Украина, Черкассы, ЧГУ: 1995, с. 163-169.

2. МУЛИН, Ю.И.; ВЕРХОТУРОВ, А.Д. Электроискровое легирование рабочих поверхностей инструментов и деталей машин электродными материалами, полученными из минерального сырья. – Владивосток: Дальнаука, 1999, 254 с.

3. ЯРКОВ, Д.В.; МУЛИН, Ю.И. Исследования Института материаловедения в области создания материалов и покрытий. – Владивосток: Дальнаука, 2001, 303 с.

4. БЕВЗ, В.П.; ГЕРЦРИКЕН, Д.С.; ЛУЦЕНКО, Г.В.; МАЗАНКО, В.Ф.; МИРОНОВ, Д.В. Взаимодействие многофазных систем с бомбардирующими ионами в искровых разрядах // Материалы 6-й Межд. Конф. «Взаимодействие

излучений с твердым телом», 28-30 сентября, 2005 г., Минск, Беларусь, с. 276-278.

5. МАЗАНКО, В.Ф.; МИРОНОВ, Д.В.; ГЕРЦРИКЕН, Д.С.; ПЕРЕТЯТКУ, П.В.; МИРОНОВА, Т.В. Взаимодействие металлов с легкими элементами и инертными газами при действии искровых разрядов // Сб. тр. XVIII Межд. Совещ. «Радиационная физика твердого тела», Севастополь, 7-12 июля, 2008 г., М.: Министерство образования и науки РФ, с. 93-99.

6. ХРАНОВСЬКА, К.М.; ИВАЩЕНКО, Е.В.; ЛОБАЧОВА, Г.Г. Формування багаточастотних електроіскрових покриттів на залізі у вуглецевмісних середовищах // Металознавство та обробка матеріалів, 2011, № 4.

7. ВЕРХОТУРОВ, А.Д. Технология ЭИЛ металлических поверхностей. – Киев: Техника, 1982, 181 с.

8. Патент на корисну модель № 23145 Україна, МПК⁶ В23Н 9/00. Спосіб поверхневої обробки деталей / Мазанко, В.Ф.; Храновська, К.М.; Погорелов, О.Е. // Бюл. «Промислова власність», 2007, № 6, с. 15.

CZU: 621.0.484

INTERACTION OF IRON WITH TITANIUM, ZIRCONIUM AND CARBON IN THE MEDIUM OF KEROSENE AND PENTANE WHILE PROCESSING WITH ELECTRO SPARK

Pereteatcu P.V – dr., Ojegov A.V – post-graduate student

(Alec Russo Balti State University, Republic of Moldova)

Mazanko V.F. – dr. habilitate, Gertsriken D.S. – dr., Mironov D.V. – dr.

(Institute of Metal Physics, NASU, Ukraine)

The results of experimental investigations of the interaction of iron and titanium, zirconium and carbon in the medium of kerosene and pentane during electro-spark processing are presented in this paper. The results showed that formed depositions and diffusion zone contain fine dispersion carbides and residual austenite, which increase the surface microhardness of the sample and, therefore, can increase the durability of the pieces processed in the same conditions. The use of liquid media of different density and different content of alloying elements, along with parameters such as impulse energy and anode material, increases the thickness of depositions, purposefully changes the phase composition, structure and properties of the surface layers.

CZU: 621.0.484

INTERACȚIUNEA FIERULUI CU TITAN, ZIRCONIU ȘI CARBON ÎN MEDUL DE PETROL LAMPANT ȘI PENTAN LA PRELUCRAREA PRIN SCÎNTEI ELECTRICE

Pereteatcu P.V. – dr., Ojegov A.V. – doctorand

(Universitatea de Stat “Alec Russo” din Bălți, Republica Moldova)

Mazanko V.F. – dr. hab., Gertsriken D.S. – dr, Mironov D.V. – dr.

(Institutul de Fizică a Metalelor, ANSU, Ucraina)

În lucrare sînt prezentate rezultatele cercetărilor experimentale privind interacțiunea fierului cu titan, zirconiu și carbon în mediul de petrol lampant și pentan la prelucrarea prin scînteii electrice. Rezultatele au arătat că în depunerile formate și în zona de difuzie se conțin carburile de dispersie fină și austenita reziduală, ceea ce conduce la sporirea microdurității suprafeței probelor și, prin urmare, ar conduce la sporirea durabilității de exploatare a pieselor, prelucrare în aceleași condiții. Utilizarea mediilor lichide cu densitate diferită și conținut diferit al elementului de aliere, la rînd cu așa parametrii ca energia impulsului și materialul anodului, permite sporirea grosimii depunerilor formate, schimbarea intenționată a conținutului fazic, structurii și proprietăților straturilor superficiale.

Prezentat la redacție la 14.06.2011