

**ВЛИЯНИЕ АНИОННОГО СОСТАВА РАСТВОРА НА  
МИКРОТВЕРДОСТЬ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ  
ЖЕЛЕЗО-КОБАЛЬТ**

Модернизация оборудования во многих отраслях промышленности, надежность работы действующего оборудования, минимизация сроков его технического обслуживания при высоком качестве выполненных работ предусматривают совершенствование существующих, а также развитие новых способов поверхностного упрочнения деталей машин и механизмов. В числе наиболее эффективных способов улучшения физико-химических и физико-механических характеристик осаждаемых металлических покрытий приводят возможность их легирования склонными к пассивности компонентами с формированием гомогенных сплавов или композитов с металлической матрицей [1-5]. Повышение коррозионной стойкости и микротвердости покрытий железом достигается соосаждением их с такими металлами, как кобальт, никель и др. [3-5]. В настоящей работе проведено исследование влияния условий формирования на микротвердость покрытий железо-кобальт.

Осаждение покрытия железо-кобальт из сульфатного и хлоридного раствора электролита на стальную (ГОСТ 503-81) и латунную (Л 63) основу проводилось при использовании гальваностатического режима электролиза при  $t = 22 \pm 2^{\circ} \text{C}$ . Поляризация рабочего электрода осуществлялась с помощью потенциостата Р-30. В качестве вспомогательного электрода использовали стальные пластины. Рабочий электролит содержал (моль/л):  $\text{FeSO}_4$  ( $\text{FeCl}_2$ ) – 1,0,  $\text{CoSO}_4$  ( $\text{CoCl}_2$ ) – 0,1,  $\text{NH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$  – 1,0. Величину pH раствора довели до  $3,0 \pm 0,1$  с помощью раствора  $\text{H}_2\text{SO}_4$  ( $\text{HCl}$ ) 1 моль/л, контролировали pH-метром "Эксперт-pH". Для приготовления растворов использовали реактивы марки "х.ч." и дистиллированную воду. Анализ состава гальванического сплава проводился рентгенофлуоресцентным методом с помощью портативного анализатора X-MET 7500. Выход по току образцов определяли весовым методом. Микротвердость изучали с помощью прибора ПМТ-3. Глубина отпечатка при измерении индентором с квадратным снованием  $136^{\circ}$  составляла  $\sim 6,6$  мкм для стальной

основы,  $\sim 4,0$  мкм для покрытия железо-кобальт на стальной основе при его общей толщине  $10 \pm 1$  мкм. Проводили серию из 7 параллельных опытов. Значение микротвердости определяли по формуле:

$$H = \frac{1854 \cdot P}{d^2}$$

где  $H$  – число твердости в  $\text{кг/мм}^2$ ;  $P$  – нагрузка,  $P = 100$  г;  $d$  – диагональ отпечатка в мкм.

Функциональные свойства гальванических покрытий во многом определяются их износостойкостью, показателем которой может служить микротвердость ( $H$ ). Для гальванических осадков железо-кобальт на стальной основе было исследовано влияние тока осаждения, анионного состава раствора на величину их  $H$ .

Покрытие железо-кобальт значительно повышает микротвердость стальной основы (рис.1, таблица). Влияние анионного состав раствора проявляется при низких токах осаждения  $5 \dots 10$   $\text{мА/см}^2$ :  $H$  осадков железо-кобальт, сформированных в хлоридном растворе, превышает этот показатель для образцов из сульфатного раствора. При более высоких токах формирования значения  $H$  образцов сближаются (таблица). Сближение значений параллельных измерений величины  $H$  подтверждает повышение однородности гальванических осадков железо-кобальт при увеличении тока осаждения (таблица).

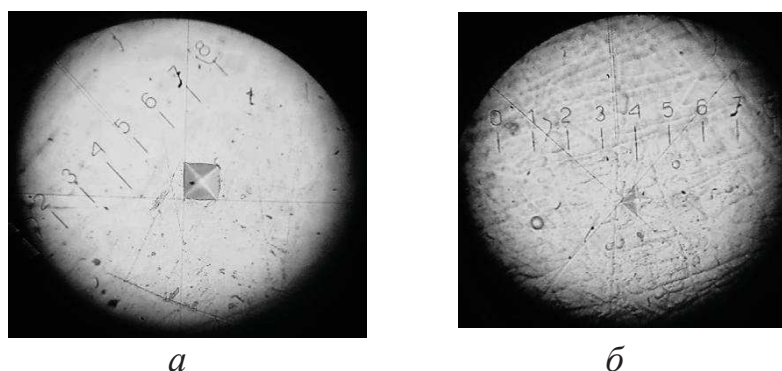


Рисунок 1 – Фотографии диагонали отпечатка при измерении микротвердости стальной основы (а) и осадка железо-кобальт (б)

Характер влияния тока осаждения на микротвердость осадков железо-кобальт коррелирует с их количественным составом: при повышении тока снижается содержание кобальта в сплаве (рис.2). Отсутствует прямолинейная зависимость между содержанием кобальта в осадке и значением  $H$  образцов: при низких токах

осаждения количество кобальта в покрытиях из сульфатного раствора выше, но  $H$  ниже по сравнению с хлоридным раствором.

Таблица – Влияние режима осаждения на микротвердость осадка железо-кобальт

Катодный ток, $\text{mA}/\text{cm}^2$	Микротвердость стальной основы, $\text{kg}/\text{mm}^2$	Микротвердость осадка железо-кобальт, $\text{kg}/\text{mm}^2$
сульфатный электролит		
5	$91,6 \pm 2,6$	$203,6 \pm 6,8$
10	$87,2 \pm 2,8$	$118,7 \pm 6,5$
15	$87,7 \pm 3,8$	$115 \pm 5,2$
хлоридный электролит		
5	$81,4 \pm 2,9$	$254,15 \pm 8,6$
10	$83,9 \pm 1,7$	$250,0 \pm 6,7$
15	$85,5 \pm 3,5$	$116,8 \pm 5,7$
20	$92,2 \pm 4,2$	$113,9 \pm 3,3$

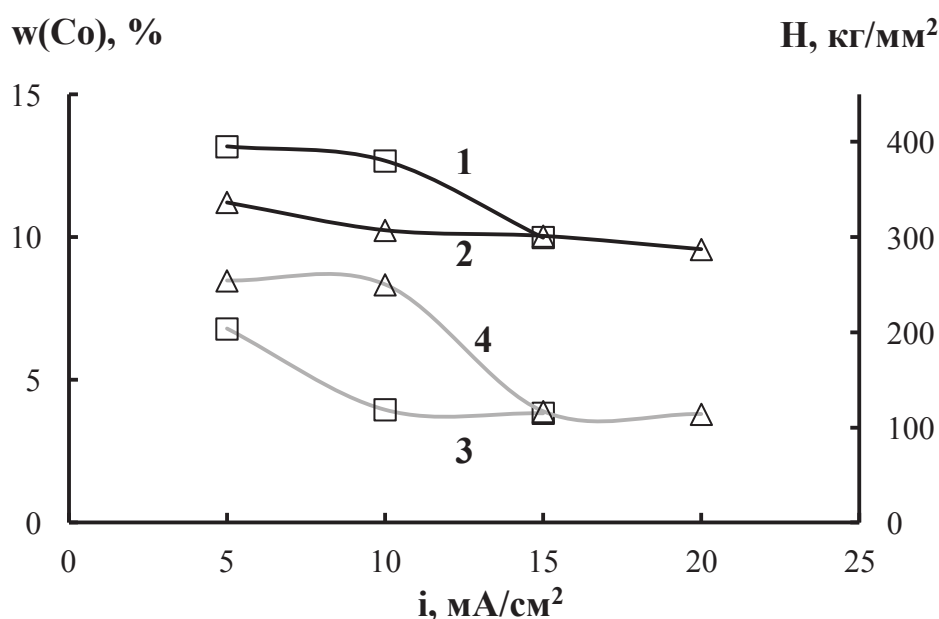


Рисунок 2 - Влияние тока осаждения на содержание кобальта (1, 2) и микротвердость (3, 4) сплава железо-кобальт, осажденного в сульфатном (1, 3) и хлоридном (2, 4) растворе

Также не установлена прямая зависимость между выходом по току  $BT$  и микротвердостью образцов. С увеличением катодного тока повышается  $BT$ , причем интенсивнее в хлоридном растворе по

сравнению с сульфатным: примерно от 88 до 96 % и от 82 до 91 %, соответственно.

Свойства покрытий сближаются при выравнивании их состава для сульфатного и хлоридного раствора по значениям  $VT$ ,  $H$ . В условиях данной работы сближение указанных характеристик отмечается при достижении тока осаждения  $15 \text{ мА/см}^2$ .

Миcroструктурные исследования показали, что при увеличении тока осаждения повышалось дендритообразование на поверхности гальванических осадков. Вследствие интенсивного выделения водорода понижалась равномерность микрораспределения сплавов. Более равномерные покрытия были получены в хлоридном растворе.

Таким образом, в исследованных условиях электролиза в хлоридном растворе были получены более качественные покрытия сплавом железо-кобальт по сравнению с сульфатным электролитом.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Елинек, В.Т. Успехи гальванотехники. Обзор мировой специальной литературы за 2016-2017 годы / В.Т. Елинек // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2018. – Т. 26. - № 1. - С. 4-10.
2. К вопросу об усталостной прочности деталей, восстановленных электроосажденным железом / В.И. Серебровский, В.В. Серебровский, Р.И. Сафронов, Е.С. Калуцкий // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 2. – С.48-50.
3. Электроосаждение покрытий железо-молибден-вольфрам из цитратных электролитов / А.В. Каракуркчи, М.В. Ведь, Н.Д. Сахненко, И.Ю. Ермоленко / Журнал прикладной химии. – 2015. –Т. 88. –Вып. 11. – С.1648-1657.
4. Influence of the contents of refractory components on the corrosion resistance of ternary alloys based on iron and cobalt / Yu.I. Sachanova, I.Yu. Ermolenko, M.V. Ved and etc. // Materials Science. – 2019. – V. 54. – N 4. – P.556-566.
5. Электролитическое осаждение и анодное окисление наноструктурированных сплавов железо-никель и железо-кобальт / Н.В. Иванова, Ю.А. Захаров, Н.Н. Иванов и др. // Химия в интересах устойчивого развития. – 2019. – Т.27. – № 6. – С. 603-609.