

**ВЛИЯНИЕ МОЛИБДЕНА НА СТРУКТУРУ
СПЛАВОВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА**

Электроосаждение сплавов на основе железа для восстановления и упрочнения элементов конструкций и деталей машин может быть весьма эффективно. В свете последних тенденций развития гальванотехники особый интерес представляют сплавы электрохимической природы, имеющие предрасположенность к образованию аморфной структуры. Формирование подобных структур может быть связано с введением в сплав элементов, приводящих к диспергированию зерна и получению аморфной или аморфно-кристаллической структур, что существенно влияет на изменение свойств и эксплуатационных характеристик гальванопокрытий.

Практическое применение электролитических сплавов такого рода требует чётких представлений о структурных особенностях легированных сплавов с аморфным строением. Получаемые при этом свойства непосредственно зависят от условий электролиза и могут варьироваться изменением параметров электроосаждения, таких как концентрация, плотность тока осаждения и температура электролита.

Как показал рентгеноструктурный анализ, осадки, в которых содержание молибдена не достигает 17% формируются с образованием ОЦК-решетки и являются пересыщенными твердыми растворами молибдена в железе. Рефлексы (110) и (200) четко различаются на дифрактограммах покрытий и имеют смещение относительно спектра железа. С увеличением содержания молибдена рефлексы становятся диффузными (уширяются), при этом интенсивность их снижается. В сплавах, содержащих молибдена от 18% до 21%, структура может быть охарактеризована как аморфно-кристаллическая. Повышение концентрации молибдена как легирующего элемента в электролитических сплавах на основе железа приводит к возрастанию степени аморфности, что подтверждено снижением интенсивности рефлексов на рентгенограммах, и увеличением ширины гало. В бинарных системах Fe-Mo концентрация, соответствующая 21% молибдена можно принять как нижнюю границу образования аморфной структуры. Дифрактограммы электролитических осадков, содержащих более 21 % молибдена характеризуются только одним диффузным пиком гало, который соответствует линии (110) железа, обладающей наибольшей интенсивностью.

Исследования, проведенные с использованием мессбауэровской спектроскопии, подтвердили полученные результаты рентгенострук-

турного анализа. В электролитических сплавах с содержанием молибдена более 21% фиксируется уширение пиков гамма-резонансных спектров, что характерно для аморфного состояния сплавов.

Согласно полученным в ходе эксперимента данным можно предположить, что электроосаждение в условиях отсутствия термодинамического равновесия при критической концентрации молибдена, являющимся легирующим элементом в сплаве по причине различий в размерах атомов, параметры решетки основного компонента (железа) изменяются, структура становится неустойчивой, что приводит к переходу от кристаллического состояния к аморфному. Увеличение концентрации молибдена в электролитических сплавах на основе железа приводит к изменению фазового состояния образующихся покрытий в такой последовательности: кристаллическое – аморфно-кристаллическое – аморфное

Покрyтия, изученные в данной работе характеризуются наличием аксиальной текстуры. Аксиальная текстура формируется путем автoэпитаксиального роста зерен. Снижение совершенства текстуры в следствии роста содержания молибдена инициирует некогерентное зарoдышеобразование, приводящее к разориентировке угла зерен и субзерен (таблица 1). Используя компьютерное моделирование можно количественно оценить влияние на процесс текстурообразования природы и содержания легирующего компонента. Классическая теория нуклеации, используемая для разработки модели текстурообразования для гальванических покрытий сплавами с ОЦК-решеткой, согласно ее основным положениям, позволяет рассчитать вероятность образования двумерных зарoдышей в определенном кристаллографическом направлении $[hkl]$ и определить области концентраций влияющих на формирование текстурированных твердых растворов железа в зависимости от содержания молибдена. Справедливость разработанной модели подтверждена результатами рентгеноструктурного анализа текстуры исследуемых железо-молибденовых сплавов. Однако, экспериментальным путем было установлено, что области концентраций молибдена, влияющие на текстурообразование электролитических осадков железо-молибден, отличаются от установленных расчетным путем – они несколько уже. Очевидно, это связано с образованием в реальных гальванических покрытиях концентрационных неоднородностей (кластеров атомов легирующего компонента). Таким образом, различие в размерах атомов совместно осаждаемых элементов при кристаллизации твердых растворов на основе железа, обуславливает способность элемента-аморфизатора в значительной степени влиять на совершенство и характер текстуры железа.

Растровая и световая электронная микроскопия гальванических покрытий сплавами железо-молибден показали, что изучаемые покрытия, в зависимости от фазового состояния, характеризуются различной ориентацией структурных элементов относительно основы.

Покрытия сплавами железо-молибден, формирующиеся с образованием кристаллической структуры, имеют ярко выраженную столбчатую структуру (рисунок 1, а). Данные покрытия изначально формирующиеся с матовой шероховатой поверхностью роста с увеличением концентрации молибдена в сплаве переходят вначале в полублестящие и далее в блестящие, что вызвано измельчением их структуры.

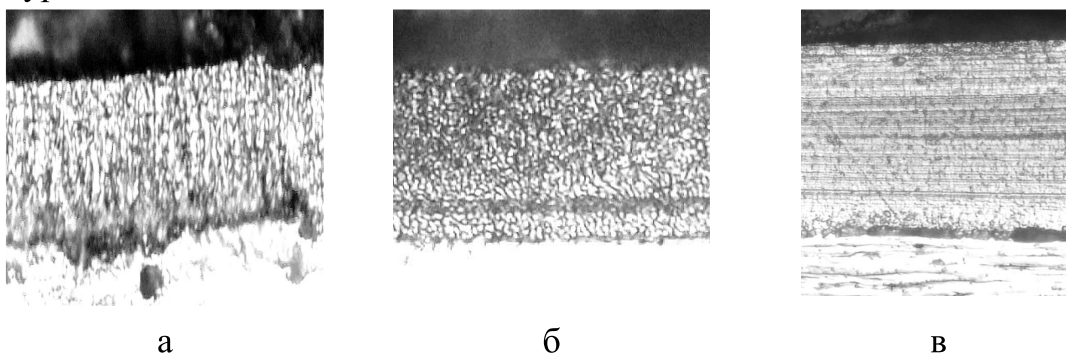


Рисунок 1 - Микроструктура поперечных шлифов электролитических сплавов Fe-10% Mo (а), Fe-18% Mo (б), Fe-24% Mo (в) (x 1000)

Покрытия сплавами железо-молибден, имеющие аморфно-кристаллическую структуру, характеризуются неоднородностью и беспорядочно ориентированными мелкозернистыми элементами (рисунок 1, б).

Аморфные электролитические сплавы железо-молибден формируются на катоде путем возникновения слоев роста, отличающихся по составу друг от друга, и их осадки имеют слоистую структуру (рисунок 1, в). Аморфные гальванические покрытия сплавами железо-молибден отличаются неоднородностью структуры по толщине (рисунок 1, в). По данным микродифракции начальные слои аморфных покрытий, как правило, состоят из чистого железа. Это свидетельствует о том, что при осаждении аморфных сплавов железо-молибден выделение железа – первичный процесс, а легирующий компонент начинает выделяться лишь при образовании столбчатых кристаллитов железа на поверхности катода (рисунок 1, в).

ВЫВОДЫ:

1 Увеличение концентрации молибдена в электролитических сплавах на основе железа приводит к изменению фазового состояния

образующихся покрытий в такой последовательности: кристаллическое – аморфно-кристаллическое – аморфное.

2 Диспергирование структуры основного элемента сплавов осуществляется за счет повышения концентрации молибдена, являющегося аморфизатором, что приводит к переходу структуры от кристаллического к аморфному состоянию в сплавах железо-молибден.

3 В зависимости от фазового состояния покрытия железо-молибден имеют различную ориентацию структурных элементов относительно основы: кристаллические покрытия характеризуются столбчатой структурой, аморфные – слоистой, аморфно-кристаллические – неоднородной беспорядочно ориентированной структурой.

4 Кристаллические покрытия железо-молибден характеризуются наличием текстуры, причем увеличение содержания молибдена в сплаве приводит к кристаллографической разориентировке зерен и снижению ее совершенства и характера.

ЛИТЕРАТУРА

1 Поветкин, В.В., Электролитическое легирование железа фосфором и молибденом / Поветкин В.В., Ковенский И.М., Корешкова Е.В., Неупокоева А.А., Золотарева Е.В. – М.: Известия вузов. Машиностроение. - № 4. - 2008. - С. 55-58.

2 Ковенский, И.М. Структура и свойства электролитических покрытий Fe-P и Fe-Mo / Ковенский И.М., Поветкин В.В., Корешкова Е.В. – Металловедение и термическая обработка металлов. Москва: изд-во «Высшая школа» - № 10. – 2009. – С. 46-48.

3 Корешкова, Е.В. Влияние молибдена на структуру и свойства сплавов на основе железа / Е.В. Корешкова, А.А. Кулемина – Материалы X Международной конференции «Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций» - Тюмень, 2016. – с. 232-233.

УДК 661

С.Г. Царик, начальник КТБ
(ОАО «УПНР», г. Минск)

ВЫПРЯМИТЕЛИ СЕРИИ ВИЦ И ВИЦР ДЛЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВ

ОАО «УПНР» было создано в 1969 году в составе треста «Автомремстроймонтаж» для нужд Министерства автомобильной промышленности СССР. После распада СССР предприятие вошло в состав Министерства промышленности Республики Беларусь.