

Н.Г. Валько

**УО «Гродненский государственный университет
имени Янки Купалы», Гродно, Беларусь**

**ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ КОБАЛЬТА ПРИ
ВОЗДЕЙСТВИИ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

Гальванические покрытия сплавами Co-Ni являются предметом интенсивного исследования в области магнитных сред и широко применяются в отраслях тяжелого и среднего машиностроения с жесткими условиями эксплуатации. Высокие температура размягчения, термическая стабильность и низкий коэффициент трения Co-Ni покрытий дают возможность электрохимического осаждения толстых слоев, предотвращая износ, отслаивание и защищая от коррозии стальные изделия. Однако, в силу особенностей процесса

электролитического осаждения, нанесение покрытий Co-Ni обуславливает некоторые закономерности формирования структуры и физико-механических свойств, зависящие от режимов электролиза и воздействия внешних факторов. Поэтому изучение структурных особенностей и обусловленных ими свойств покрытий Co-Ni, полученных методом электрохимического осаждения имеет научное и практическое значение.

Основная задача, решаемая при осаждении Co-Ni покрытий, это формирование высококачественных, плотных и беспористых сплавов при высоких скоростях роста. Одним из методов, позволяющих существенно увеличивать скорость протекания процесса электрокристаллизации, является метод воздействия рентгеновского излучения на электролит в процессе осаждения [1]. Действие рентгеновского излучения в процессе электрокристаллизации позволяет не только интенсифицировать процесс формирования сплава [2], но и вследствие радиационно-химических превращений, протекающих в облучаемых электролитах, изменять его структуру и механические свойства [3].

В настоящей работе приводятся результаты исследований взаимосвязи процессов роста, структуры и физико-механических свойств покрытий сплавом Co-Ni, полученных при воздействии рентгеновского излучения в процессе электроосаждения.

Осаждение сплава проводилось на низкоуглеродистую сталь 08кп при температуре термостатирования 21 °С и плотности катодного тока $j = 1,5 \text{ А/дм}^2$ из сульфатного электролита с соотношением ионов $\text{Co}^{2+}/\text{Ni}^{2+}$ равным 1:1. В процессе электроосаждения производилось облучение электролита рентгеновским излучением с мощностью экспозиционной дозы $P_{\text{экс}} \approx 10^5 \text{ Р/ч}$.

При осаждении сплава Co-Ni на низкоуглеродистую сталь в поле рентгеновского излучения были получены мелкокристаллические однородные осадки с повышенным содержанием электроположительного компонента и равномерным распределением элементов сплава по поверхности осадка. Содержание никеля в сплаве составляет 7 ат.%, а кобальта – 93 ат.%. Образцы, полученные в стационарных условиях (без облучения) характеризуются несколько повышенным содержанием никеля в сплаве – 9 ат.%. Снижение концентрации никеля в сплаве и увеличение кобальта под облучением обусловлено, прежде всего тем, что рентгеновское излучение, действуя на электролит, снимает диффузионные ограничения, оказывающие влияние на электроположительные компоненты [4].

Изменение концентрации кобальта и никеля в облучаемых сплавах, полученных при вышеуказанных режимах электролиза, не

обуславливает изменения фазового состояния. Так сплавы представляют собой твердый раствор никеля в кобальте с гексагональной решеткой. При этом, как показал рентгеноструктурный анализ, рост покрытий осуществляется вдоль фронта кристаллизации перпендикулярно подложке, т. е. для покрытий характерна текстура роста. Интенсивность рефлексов на дифрактограммах у облученных образцов несколько выше, что связано с большей толщиной покрытий вследствие увеличения скорости электрокристаллизации в поле излучения. Толщина покрытий, полученных в поле излучения, составляет 6 мкм, а контрольных 4 мкм. При этом следует отметить, что контрольные образцы обладают развитой поверхностью. Для них характерна микроструктура со средним размером зерен в поперечном сечении d около 1 мкм. Зерна имеют ярковыраженную огранку [5]. По сравнению с контрольными образцами рельеф облученных образцов обладает менее развитой геометрией поверхности. Средний размер зерна составляет $d = 0,1-0,5$ мкм. Увеличение дисперсности зерен в облученных покрытиях обусловлено, прежде всего, интенсификацией процессов диффузии вследствие радиолитических превращений в электролитах и постоянством концентрации комплексных ад-ионов у поверхности катода.

Наличие мелкодисперсных образований на поверхности покрытий, осажденных в поле рентгеновского излучения, обеспечивает им повышенную гладкость, компактность и меньшую пористость в сравнении с контрольными образцами. Проведенные исследования пористости покрытий показали, что у облученных образцов число пор на единицу поверхности в два раза меньше, чем у контрольных. Так число пор у облученных образцов составляет 1 пору на см^2 , а у контрольных – 2 поры на см^2 . Уменьшение пористости покрытий может быть связано с уменьшением наводороживания подложки при электролизе. В свою очередь снижение наводороживания под облучением происходит из-за уменьшения адсорбции пузырьков водорода на подложке вследствие разрядки ионов водорода непосредственно в объеме электролита при радиационно-химических реакциях.

Изменение микроструктуры облучаемых покрытий и концентрации компонентов в сплаве должно оказывать влияние на механические свойства и в частности, микротвердость исследуемых образцов.

Результаты измерения микротвердости исследованных покрытий Co-Ni. Показали, что для контрольных образцов значение микротвердости составляет 4,35 ГПа, а ее величина незначительно уменьшается с глубиной проникновения индентора до 4,2 ГПа. Микротвердость покрытий, осажденных под излучением, убывает с глубиной проникновения индентора от 4,8 ГПа до значений,

соответствующих микротвердости контрольных покрытий 4,3 ГПа. При этом ее величина для глубины индентирования 0,6 мкм на 11 % больше, чем у контрольных. Таким образом, при воздействии рентгеновского излучения в процессе электроосаждения Co-Ni покрытий их поверхностный слой упрочняется.

Трибологические испытания показали, что коэффициент трения облученных покрытий линейно растет от 0,2 до 0,4 (рисунок 1) с увеличением пути трения от 0 до 2, что обусловлено в первую очередь неоднородностью поверхности образцов. Участок пути трения, соответствующий линейному его возрастанию говорит о глубине внедрения индентора в покрытие, т. е. об его износостойкости. На участке пути 2–5 для коэффициентов трения наблюдаются сильные флуктуации, связанные с увеличением абразивного износа вследствие разрушения индентором поверхностного слоя покрытий. Коэффициент трения облученных образцов в сравнении с контрольными образцами изменяется не значительно: его величина уменьшается от 0,4 для контрольных покрытий до 0,3 для облученных. Треки трения гладкие, без сильных царапин, их ширина приблизительно одинакова как для контрольных, так и для облученных покрытий.

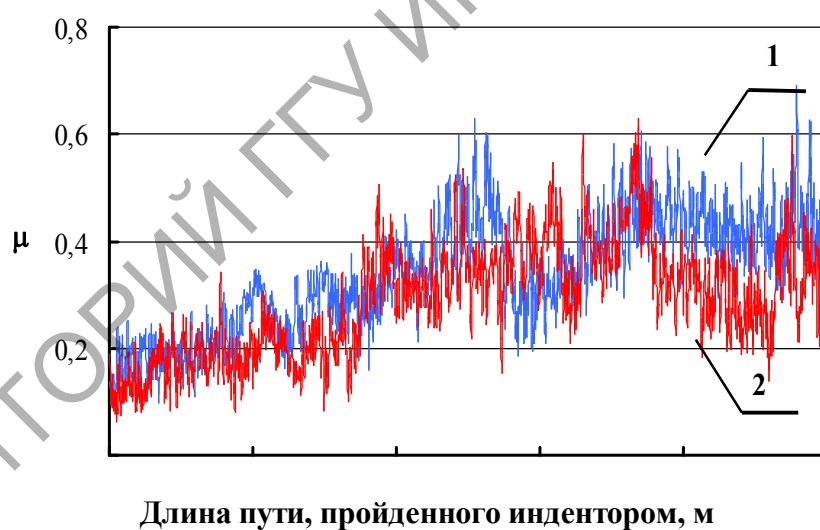


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента трения покрытий Co-Ni от количества циклов: 1–контрольные образцы; 2–образцы, полученные при воздействии рентгеновского излучения

Из рассмотренных фактов, очевидно, что применение рентгеновского излучения в процессе электроосаждения Co-Ni является положительным фактором, влияющим на физико-механические свойства покрытий, а именно значительно уменьшающим пористость покрытия и повышающим износостойкость, что дает возможность

использовать их в жестких условиях эксплуатации. Действие рентгеновского излучения в процессе электроосаждения Co-Ni также способствует формированию покрытия с повышенной твердостью поверхностного слоя, которая обусловлена образованием мелкокристаллической структуры покрытий. Так для контрольных образцов значение микротвердости составляет 4,2 ГПа, а для облученных 4,8 ГПа на соответствующей глубине, что обусловлено не только морфологическими изменениями, но и изменениями дефектности структуры и образованием на поверхности оксидной пленки.

Литература

1. Анищик, В.М. Электрокристаллизация Zn-Ni из сульфатных электролитов на индифферентных катодах в поле рентгеновского излучения / В.М. Анищик, Н.Г. Валько, Н.И. Поляк, И.И. Алесчик // *Материалы, технологии, инструменты*. – 2010. – Т. 15. – № 2. – С. 43–46.

2. Анищик, В.М. В.В. Кинетика электрокристаллизации сплава никель-кобальт при воздействии рентгеновского излучения / В.М. Анищик, Н.Г. Валько, А.С. Воронцов, Н.И. Мороз, В.В. Война // *ВИТТ–2009: Материалы VIХ международной конференции*, Минск, 21–23 сен. 2009 г. / Белорус. гос. ун-т.; редкол.: В.М. Анищик [и др.]. – Минск, 2003. – С. 140–141.

3. Пикаев, А.К. Современная радиационная химия. Радиолиз газов и жидкостей / А.К. Пикаев. – М.: Наука, 1986. – 440 с.

4. Анищик, В.М. Формирование никелевых покрытий методом электрохимического осаждения при воздействии рентгеновского излучения / В.М. Анищик, Н.Г. Валько, В.В. Воронцов, Н.И. Мороз // *Поверхность*. – 2010. – № 4. – С. 1–4.

5. Валько, Н.Г. Влияние рентгеновского излучения на формирование структуры гальванических покрытий Co-Ni / Н.Г. Валько, Н.И. Поляк // *Тезисы Международной научной конференции «Актуальные проблемы теоретической физики, физики конденсированных сред и астрофизики», посвященной памяти М.А. Иванова (Брест, 23–24 сент. 2010 г.)* / БрГУ им. А.С. Пушкина. – 2010. – С. 5.