

пряжений, вычисляемый в программном комплексе «ThermoSim 2»), на конечно-элементную сетку, используемую в LS-DYNA (в область INITIAL_STRESS_SOLID входного файла указанного программного комплекса). При этом необходимо учесть, что в общем случае могут применяться разные типы трехмерных конечных элементов (например, 4-х или 8-миточечные, с различными степенями аппроксимирующего полинома), узлы которых не совпадают в пространстве. Решаемая при этом задача интерполяции обладает определенной вычислительной сложностью и требует оптимизации программного кода для эффективного решения за приемлемое время.

После решения указанных задач появится возможность проводить моделирование процессов эксплуатации сборочных единиц с учетом влияния различных режимов термической обработки деталей, что в перспективе позволит оптимизировать указанные процессы, повысить износостойкость деталей и надежность конструкций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лемзиков, А.В. Программный комплекс «ThermoSim 2» для моделирования процессов индукционной закалки / А.В. Лемзиков, Д.Г. Иванов; под ред. П.С. Гурченко // сб. трудов Международной научно-технической конференции «Теория и практика энергосберегающих процессов в машиностроении». 19-21 ноября 2008 г. – Минск: ОСПИ., 2008. – С. 175 – 179.
2. LS-DYNA. Keywords User's Manual. Version 971. – 2005. – LSTC. – 1862 p.

УДК 544.542.1; 621.357.9

ЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ СПЛАВОВ Zn-Ni, ЭЛЕКТРООСАЖДЕННЫХ В ПОЛЕ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н. Г. Валько, И. И. Кургузенкова

Гродненский государственный университет им. Я. Купалы

Проведено исследование элементного состава Zn-Ni покрытий, полученных из нейтрального электролита в поле рентгеновского излучения. Установлено, что действие рентгеновского излучения в процессе электроосаждения Zn-Ni покрытий способствует увеличению содержания никеля в сплаве. Методом полного факторного эксперимента получены зависимости содержания никеля от плотности катодного тока и мощно-

сти экспозиционной дозы рентгеновского излучения, действующего на электролит в процессе осаждения.

Для получения гальванических покрытий сплавами Zn-Ni определенного элементного и фазового состава необходимо жестко контролировать условия электроосаждения и состав электролитов [1]. Одним из методов, позволяющих изменять концентрацию элементов в сплавах, сохраняя постоянным состав электролита, является метод воздействия рентгеновского излучения на электрохимическую систему [2]. Действие рентгеновского излучения на электролит вследствие радиолиза приводит к появлению активных радикальных частиц, которые, участвуя в окислительно-восстановительных реакциях, изменяют процесс первичной кристаллизации и способствуют восстановлению на катоде сплавов с модифицированными свойствами и составом [3].

Целью данной работы являлось исследование влияния рентгеновского излучения на формирование и элементный состав Zn-Ni покрытий, а также прогнозирование содержания никеля в получаемых сплавах.

Сплав Zn-Ni осаждался на неиндифферентных подложках из низкоуглеродистой стали 08кп. Осаждение проводилось из нейтрального (рН = 7) электролита следующего состава (г/л): окись цинка – 15, хлорид никеля – 90, хлорид аммония – 250, борная кислота – 30. Температура во всех экспериментах поддерживалась постоянной и составляла 21 °С. В качестве источника рентгеновского излучения была использована установка УРС-1,0 с молибденовым анодом при напряжении на трубке 50 кВ и токе 15 мА. Оценка мощности экспозиционной дозы излучения на расстоянии 10 см от источника составляла $P_{эксн} = 100$ кР/ч.

В ходе исследования элементного состава Zn-Ni покрытий из нейтрального электролита было обнаружено, что действие рентгеновского излучения на электролит приводит к увеличению содержания в сплаве никеля, который обладает более электроположительным потенциалом восстановления на катоде по сравнению с цинком. Так, для покрытий, сформированных в поле рентгеновского излучения, содержание никеля составляет 17 ат.%, а цинка – 83 ат.%. Для контрольных образцов данные значения составляют 14 ат.% и 86 ат.% соответственно. Это связано с тем, что под действием рентгеновского излучения, во-первых, изменяется рН электролита [4], а во-вторых, возникающие продукты радиолиза способствуют более полному связыванию ионов никеля в аммиачные кластеры, так как в состав электролита входит хлорид аммония. Перечисленные факторы приводят к облегчению разряда никеля на катоде и соответствующему возрастанию его концентрации в сплаве.

Полученные данные элементного состава покрытий Zn-Ni позволили спрогнозировать составы цинкникелевых сплавов, осажденных при плотностях катодного тока от 1 до 2 А/дм² и режимах облучения от 0 до 100 кР/ч.

Прогнозирование проводилось по методу двухуровневого полного факторного эксперимента. Влияющими факторами являлись плотность катодного тока (j) и мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения ($P_{\text{эксн}}$). В качестве откликов рассматривалось содержание никеля в сплаве.

В ходе моделирования было найдено уравнение регрессии в виде полинома второй степени, согласно которому была построена зависимость содержания никеля в сплаве от плотности катодного тока и мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения (рис. 1).

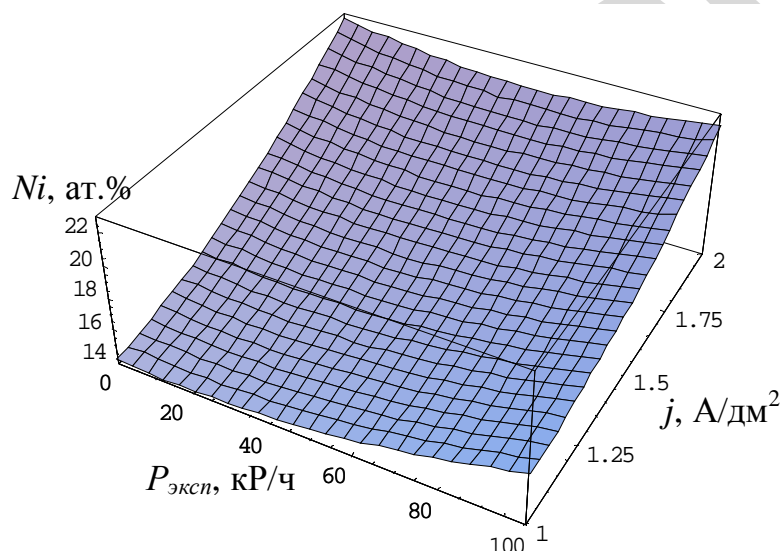


Рис. 1. Зависимость содержания никеля в сплаве Zn-Ni от плотности катодного тока и мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения

Видно, что с ростом катодного тока в исследуемом диапазоне происходит увеличение содержания никеля в сплаве. Это, очевидно, связано с тем, что т.к. никель более электроположительный металл по сравнению с цинком, то его комплексные соединения в электролите имеют большие константы устойчивости и обеспечивают большую поляризуемость, в результате чего с ростом плотности катодного тока осаждения потенциалы выделения цинка и никеля сближаются [5]. Вследствие этого происходит увеличение концентрации никеля в сплаве. Показано, что увеличение мощности экспозиционной дозы рентгеновского излучения, действующего в процессе электроосаждения, также приводит к возрастанию содержания

никеля в сплаве. Построенные зависимости позволяют вычислить содержание никеля в сплаве Zn-Ni при определенных значениях плотности катодного тока и дозы рентгеновского излучения внутри области планирования. Так, например, расчетное значение содержания никеля в сплаве при плотности тока 1 А/дм^2 для образца, полученного в условиях облучения рентгеновским излучением мощностью 60 кР/ч, составляет 14,9 ат.%. Экспериментальное значение содержания никеля в сплаве составляет 15,0 ат.%, что коррелирует с расчетным значением.

Таким образом, полученная математическая зависимость позволяет прогнозировать содержание никеля в сплаве Zn-Ni в области планирования и управлять элементным составом покрытий воздействием рентгеновского излучения определенной мощности экспозиционной дозы, не меняя состав электролита.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамбург, Ю.Д. Электрохимическая кристаллизация металлов и сплавов / Ю.Д. Гамбург. – М: Янус-К, 1997. – 384 с.
2. Электрокристаллизация Zn-Ni из сульфатных электролитов на индифферентных катодах в поле рентгеновского излучения / Анищик В.М. [и др.] // Материалы, технологии, инструменты. – 2010. – №2. – С. 43 – 46.
3. Пикаев, А.К. Современная радиационная химия. Радиолит газы и жидкостей / А.К. Пикаев. – М.: Наука, 1986. – 439 с.
4. Спектры поглощения облученных водных растворов щелочно-галогенидных солей Анищик В.М. [и др.] // Вестник Гродн. гос. ун-та. Сер. 2. Математика. Физика. Техника. Информатика. Биология. Химия. Экология. – 2007. – №1. – С. 1 – 6.
5. Комплексные электролиты в гальванотехнике / Пурин Б.А. [и др.]. – Рига: Лиесма, 1978. – 265 с.

УДК 621.762

ДИНАМИЧЕСКОЕ УПРОЧНЕНИЕ ЛИТЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

А. А. Андрушевич, С. М. Ушеренко, Н. К. Толочко

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
Минск*

Рассмотрены основы импульсной обработки литых материалов для получения повышенных механических свойств, связанных с изменением структуры, приведено обобщение экспериментальных и теоретических результатов по динамическому упрочнению литых деталей машин.