

Установлен эффект збільшення щільності електроосаджуваних металів під дією відцентрової сили, спрямованої перпендикулярно фронту кристалізації. Одержаний результат підтверджує достовірність явища електрохімічного фазоутворення металевих матеріалів через стадію рідкого стану

Ключові слова: щільність, електроосаджуваний метал, відцентрова сила

Установлен эффект увеличения плотности электроосаждаемых металлов под действием центробежной силы, направленной перпендикулярно фронту кристаллизации. Полученный результат подтверждает достоверность явления электрохимического фазообразования металлических материалов через стадию жидкого состояния

Ключевые слова: плотность, электроосаждаемый металл, центробежная сила

The effect of increase of density of metals being electrodeposited under the influence of a centrifugal force acting perpendicularly to the crystallization front is found. The obtained result proves the validity of the phenomenon of electrochemical phase formation of metallic materials through a stage of liquid state

Keywords: density, metal being electrodeposited, centrifugal force

УВЕЛИЧЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ЭЛЕКТРООСАЖДАЕМЫХ МЕТАЛЛОВ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ СИЛЫ

О. Б. Гирин

Доктор технических наук, профессор, проректор по научной работе, заведующий кафедрой*
Контактный тел.: (0562) 46-13-21, факс: (0562) 47 33 97

E-mail: girin@ua.fm

И. Д. Захаров

Старший научный сотрудник
*Кафедра материаловедения
Украинский государственный химико-технологический университет

пр. Гагарина, 8, г. Днепропетровск, Украина 49005
Контактный тел.: (056) 753-58-29, факс: (0562) 33-71-36

1. Введение

Явление электрохимического фазообразования металлических материалов через стадию жидкого состояния теоретически было предсказано нами в 1986 г. [1]. В последующие годы было представлено достаточное количество экспериментальных доказательств его достоверности [2,3]. Цель работы состояла в дальнейшем экспериментальном доказательстве достоверности открытого явления.

2. Идея работы

Идея серии экспериментов, направленных на выяснение достоверности рассматриваемого явления, состояла в следующем. Известно, что при центрифугировании жидкого металла он в результате действия центробежной силы прижимается к стенкам вращающейся формы, уплотняется и кристаллизуется с получением более плотного слитка, без раковин и трещин (так называемое центробежное литье) [4].

Поэтому, если металл в процессе электрохимического осаждения действительно проходит стадию

жидкого состояния, то в результате действия центробежной силы, направленной перпендикулярно фронту кристаллизации, следует ожидать формирования электроосадка большей плотности по сравнению с электроосадком, который получен в обычных условиях.

Следовательно, увеличение плотности электроосаждаемого металла в поле центробежной силы, направленной перпендикулярно фронту кристаллизации, будет служить доказательством достоверности открытого явления.

3. Материал и методика исследования

Для получения электроосаждаемых металлов в поле центробежной силы разработали и изготовили установку, схема которой представлена на рис. 1.

В установке предусмотрен подвод постоянного тока к вращающимся электрохимическим ячейкам центрифуги, а блок управления установкой оснащен датчиком числа оборотов ротора центрифуги. Установка обеспечивала действие центробежной силы, пропорциональной нормальному ускорению kg (где

k – коэффициент перегрузки) в интервале значений от 1g до 1256g. Значения центробежной силы изменяли ступенчато, варьируя число оборотов ротора центрифуги в минуту от 0 до 3000 об/мин через каждые 500 об/мин, что соответствовало нормальному ускорению величиной 1g, 35g, 140g, 314g, 558g, 872g и 1256g.

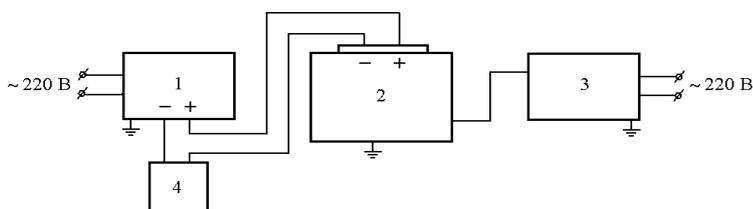


Рис. 1. Схема установки для получения электроосаждаемых металлов в поле центробежной силы: 1 – регулируемый стабилизированный источник тока; 2 – центрифуга; 3 – блок управления; 4 – миллиамперметр

Конструктивные особенности центрифуги (рис. 2) и электрохимических ячеек полностью исключили возможность движения электролита относительно катода в процессе электроосаждения металла. При работе центрифуги ячейки вращались вместе с ротором, находясь в горизонтальном положении (рис. 2,а).

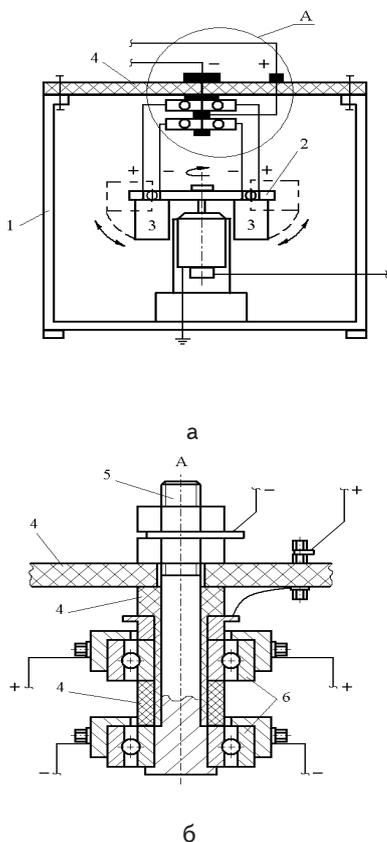


Рис. 2. Схемы центрифуги (а) и рабочего узла (б): 1 – корпус центрифуги; 2 – ротор центрифуги; 3 – электрохимические ячейки; 4 – изолятор; 5 – болт; 6 – шарикоподшипники

Установка позволяла воздействовать центробежной силой на электроосаждаемый металл как перпендикулярно, так и параллельно фронту кристаллизации в зависимости от расположения электродов в электрохимической ячейке (рис. 3).

Первый вариант расположения электродов в электрохимической ячейке соответствовал условиям проведения данного эксперимента. Вместе с тем, конструктивные особенности ячейки допускают возможность менять местами катод и анод в ячейке (вариант II) и располагать электроды параллельно действию центробежной силы (вариант III). Во втором варианте для неизменности величины центробежной силы, действующей на образующийся осадок, необходимо увеличить число оборотов ротора центрифуги и радиус вращения, т.е. катод переместить по направлению к аноду на определенное расстояние (рис. 3,а).

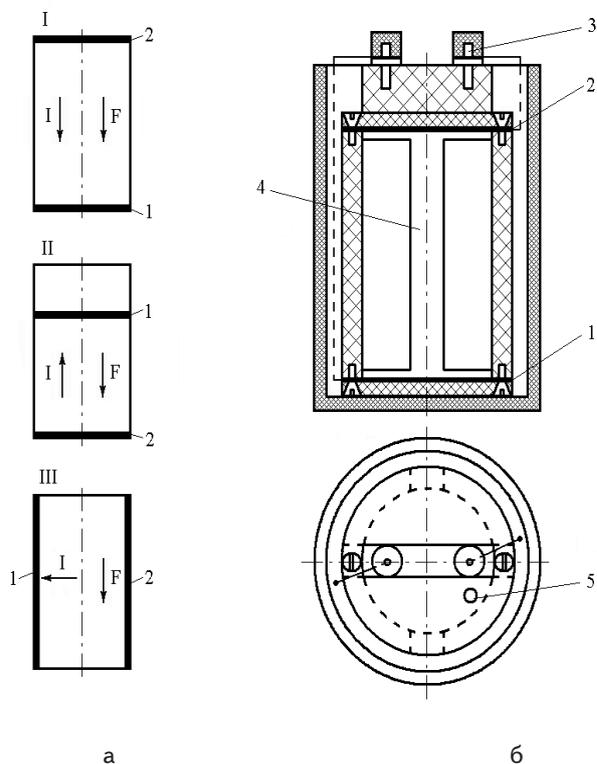


Рис. 3. Варианты расположения электродов в электрохимической ячейке (а) и ее схема по варианту I (б): 1 – катод; 2 – анод; 3 – токоподвод; 4 – ребро жесткости; 5 – отверстие для заправки ячейки электролитом. Стрелками на рисунке показаны направление действия центробежной силы F и направление электрического тока I

Катод закрепляли на дне ячейки перпендикулярно ее оси (рис. 3,б), поэтому при вращении ячейки катод располагался перпендикулярно радиусу ротора. Так как центробежная сила при вращении всегда направлена по радиусу ротора от центра окружности, то при таком расположении катода обеспечивалось силовое

воздействие на электроосаждаемый металл перпендикулярно фронту кристаллизации.

Чтобы исключить влияние водорода на плотность осадков, образующихся в поле центробежной силы, исследования проводили на электроосаждаемых образцах меди и никеля при выходе металла по току 99,5-100 % (табл. 1).

Таблица 1

Состав электролитов и режимы осаждения металлов в поле центробежной силы

Металл	Состав электролита, г/л	Температура электролита, °С	Плотность тока, А/дм ²	Выход металла по току, %
Cu	CuSO ₄ ·5H ₂ O – 250 H ₂ SO ₄ – 50	25	1	100
Ni	NiSO ₄ ·7H ₂ O – 330 NiCl ₂ ·6H ₂ O – 50 H ₃ BO ₃ – 35 C ₁₁ H ₂₃ COONa – 0,1	25	1	99,5

Длительность получения каждого образца составляла 60 мин. Для предотвращения питтингообразования при длительном электроосаждении никеля в электролит добавляли лаурилсульфат натрия в количестве 0,1 г/л. В качестве катода использовали тонкие пластины никеля (при осаждении меди) и меди (в случае осаждения никеля).

Плотность электроосадков меди и никеля определяли с использованием метода гидростатического взвешивания. Образцы меди и никеля на подложках в виде дисков диаметром $2,41 \pm 0,01$ см взвешивали на воздухе и в жидкости (пропанол-2) при температуре $30 \pm 0,5$ °С. Определение массы образцов электроосажденных металлов на подложках и массы подложек на воздухе и в жидкости производили с точностью $\pm 0,0001$ г, а плотности жидкости – с точностью $\pm 0,0005$ г/см³ ($\rho = 0,7790$ г/см³ при температуре 30 °С).

4. Результаты исследования

В результате проведенных исследований установили, что воздействие центробежной силой на электроосаждаемые металлы перпендикулярно фронту кристаллизации приводит к увеличению их плотности (рис. 4).

Характер влияния перегрузки на плотность исследуемых металлов одинаков: при увеличении значения

k до 314 наблюдается существенное возрастание плотности, а последующий рост величины k до 1256 приводит к незначительному увеличению плотности металлов. Причем наиболее резкое увеличение плотности металлов (с 8,76 до 8,88 г/см³ для меди и с 8,62 до 8,72 г/см³ для никеля) обнаружено при незначительных перегрузках (до $k = 139$).

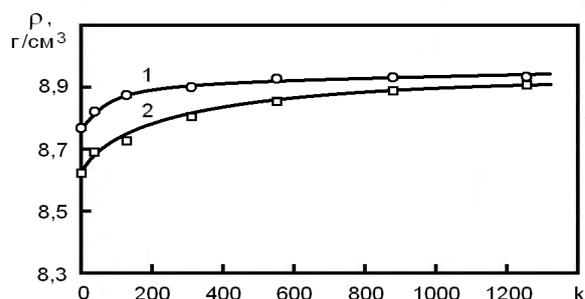


Рис. 4. Изменение плотности электроосаждаемой меди (1) и никеля (2) в зависимости от коэффициента перегрузки

Полученный результат может быть объяснен уплотнением жидкой фазы, образующейся в процессе электрохимического осаждения металлов. Возможность получения металлов большей плотности путем их электроосаждения в поле центробежной силы по сравнению с металлами, которые получены в обычных условиях, свидетельствует о том, что металлы в процессе электрохимического осаждения действительно проходят стадию жидкого состояния.

Таким образом, установленный эффект увеличения плотности электроосаждаемых металлов под действием центробежной силы, направленной перпендикулярно фронту кристаллизации, подтверждает справедливость обсуждаемого явления.

5. Выводы

1. Разработаны и изготовлены установка и электрохимические ячейки для получения электроосаждаемых металлов в поле центробежной силы.
2. На основании модельных экспериментов установлен эффект увеличения плотности электроосаждаемых металлов под действием центробежной силы, направленной перпендикулярно фронту кристаллизации.
3. Полученный результат подтверждает достоверность явления электрохимического фазообразования металлических материалов через стадию жидкого состояния.

Литература

1. Гирич, О. Б. Закономерное изменение мозаичной структуры электроосажденных металлов с увеличением заряда ядра их атомов [Текст] / О. Б. Гирич, Г. М. Воробьев // Журнал Всесоюзного химического общества им. Д. И. Менделеева. – 1986. – Т.31, №5. – С. 592–594.

- Girin, O. B. Phenomenon of Precipitation of Metal Being Electrodeposited, Occurring via Formation of an Undercooled Liquid Metal Phase and its Subsequent Solidification. Part 2. Experimental Verification [Text] / O. B. Girin // Materials Development and Processing. – Weinheim : WILEY-VCH, 2000. – Vol. 8. – P. 189–194.
- Girin, O. B. Phase and Structure Formation of Metallic Materials Electrodeposited via a Liquid State Stage: New Experimental Proof [Text] / O. B. Girin // Defect and Diffusion Forum. – 2010. – V.303-304. – P.99–105.
- Юдин, С. Б. Центробежное литье [Текст] : монография / С. Б. Юдин, С. Е. Розенфельд, М. М. Левин - М. : Машгиз, 1962. – 360 с.

УДК 621.396.6

Розглянуто теплофізичну модель процесу виявлення дефектів типу непроклей в сотових конструкціях. Проведено експериментальну перевірку даної моделі в оптимальному режимі контролю

Ключові слова: сотова конструкція, теплова дефектоскопія, непроклей

Рассмотрена теплофизическая модель процесса обнаружения дефектов типа непроклей в сотовых конструкциях. Проведена экспериментальная проверка данной модели в оптимальном режиме контроля

Ключевые слова: сотовая конструкция, тепловая дефектоскопия, непроклеи

In this work the thermal-physical model of the starved spots in the honeycomb sandwich detection process was considered. The given model experimental verification in optimal test mode was provided

Key words: honeycomb sandwich, infrared testing, starved spot

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ СОТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ, ЕЕ АНАЛИЗ И ПРОВЕРКА

В. А. Стороженко

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Кафедра физики

E-mail: fizika@kture.kharkov.ua

А. В. Мягкий

Аспирант*

Кафедра физики

E-mail: shoor_80@mail.ru

С. Б. Малик

Кандидат технических наук, ассистент*

Кафедра физики

Контактный тел.: (057) 7021345

E-mail: s_malyk@ukr.net

Д. А. Беденко

студент гр. БИКС-10-2

**Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166

Контактный тел.: (057) 7021345

E-mail: manteque@mail.ru

1. Введение

Сотовые конструкции являются одним из наиболее распространенных конструкционных материалов в авиации, космической технике и других отраслях где к надежности комплектующих предъявляются повышенные требования. Особое внимание уделяется недопущению таких как места непроклея (отслоения) между обшивкой и сотовым наполнителем.

Известно, что для выявления дефектов такого рода перспективно применение применение активного метода теплового контроля [1,2], который сочетает в себе

высокую чувствительность к обнаружению подобных дефектов с высокой чувствительностью контроля (при использовании тепловизора в качестве регистрирующего устройства).

Однако реализовать потенциальные возможности этого метода на практике не удается в следствии значительных помех, обусловленных неоднородностью излучательной способности поверхности сотовой структуры и разнотолщинностью клеевого слоя. Кроме того, для использования тепловизора необходим одновременный нагрев определенной площади ОК (площадный нагреватель), что неминуемо ведет к