

УДК 621.791.72

ФОРМИРОВАНИЕ НАНОРАЗМЕРНЫХ ПОРИСТЫХ СТРУКТУР ТВЕРДОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

© 2008 С.П. Мурзин, В.И. Трегуб, А.В. Меженин

Самарский государственный аэрокосмический университет

Разработан метод формирования наноразмерных пористых структур твердокристаллических материалов, заключающийся в воздействии непрерывного лазерного излучения требуемой интенсивности на участки выбранных форм и размеров в течение заданного временного интервала. Проведены экспериментальные исследования по выявлению особенностей воздействия лазерного излучения на структуру поверхностного слоя образцов из латуни Л63. Зарегистрировано изменение химического состава, т. е. концентрации компонентов сплава в приповерхностном слое, что установлено результатами спектрографического анализа и рентгенографических исследований.

Области применения наноструктурированных материалов и изделий из них в различных сферах деятельности значительно расширяются [1-4]. Нанопористые материалы используются в фильтрах тонкой очистки воздуха и воды от загрязнений. Перспективно применение материалов с нанопористой поверхностью для повышения антифрикционных свойств узлов трения и прирабатываемости трущихся поверхностей. На основе наноструктурированных твердокристаллических материалов возможно получение микроизделий с заданными эксплуатационными параметрами и высокой однородностью поверхностных и объемных свойств. Кроме однородности структуры преимущества твердокристаллических материалов, имеющих наноразмерную пористую структуру, определяются их высокой термостойкостью, высокой тепло- и электропроводностью; повышенной химической стойкостью, высокой механической прочностью, достаточно длительным сроком службы [5-8]. Недостатками имеющихся твердокристаллических пористых материалов вследствие ограниченных возможностей существующих методов и технологий их производства являются ограничения по минимальным размерам пор; высокая стоимость изготовления; низкие механические свойства при ударе, изгибе и других деформациях; низкая проницаемость из-за повышенной толщины; невозможность использования в традиционных конструкциях фильтров вместо полимерных материалов. В связи с этим значительный научный и практический интерес представляют вопросы создания новых методов формирования нанораз-

мерных пористых структур металлических материалов.

Разработан метод формирования наноразмерных пористых структур твердокристаллических материалов, заключающийся в воздействии непрерывного лазерного излучения требуемой интенсивности на участки выбранных форм и размеров в течение заданного временного интервала. В качестве модельного материала выбрана латунь Л63, представляющая собой двухкомпонентный сплав типа твердый раствор. Сплавы системы Cu-Zn с содержанием цинка до 38...39 % являются однофазными структурами. Проведены экспериментальные исследования по выявлению особенностей воздействия лазерного излучения на структуру поверхностного слоя образцов из латуни, используемой для формирования нанопористой структуры.

Интенсивность образования пор, а также их форма и размеры обуславливаются температурно-скоростными режимами обработки, которые при воздействии непрерывного излучения определяются величиной и распределением плотности мощности в пятне нагрева и длительностью воздействия. Для осуществления энергетического воздействия применялся газовый CO₂-лазер ROFIN DC 010, выходная мощность которого имеет возможность плавного регулирования в пределах 100...1000 Вт, а исходный диаметр пучка с гауссовским распределением интенсивности составляет 20 мм. Излучение направлялось на образец специальной оптической системой. Контроль температурного поля в центре энергетического источника осуществлялся с помощью инф-

ра красного термометра “Кельвин-1300 ЛЦМ” с диапазоном измерения температур 300...1300 °С. Регистрируемые данные через интерфейс RS-232 поступали в персональный компьютер. Внешний вид экспериментальной установки представлен на рис. 1.

Проведены экспериментальные исследования влияния нагрева на структуру приповерхностного слоя глубиной до 10...20 мкм сплава типа твердый раствор. Исследовались образцы размерами 150x45x1 мм (1), 70x20x2 мм (2), 100x35x2 мм (3). Поверхности образцов до лазерного воздействия специальной обработке не подвергались. Образцы либо размещались на подложке из материала с низкой теплопроводностью, либо закреплялись в фиксаторах при минимальной площади контакта с установочным приспособлением.

Нагрев образцов непрерывным лазерным излучением осуществлялся в течение различных интервалов времени. Исследования показали, что длительное (до 0,5 часа) воздействие лазерного излучения мощностью до 1 кВт на образцы 3 не приводило к видимым изменениям цвета поверхности. При нагреве излучением мощностью 150...500 Вт наблюдалось изменение цвета обращенной к излучению поверхности образцов 1 и 2. С увеличением времени воздействия: интенсивность покраснения поверхности усиливалась. Измерения массы образцов проводились с использованием аналитических весов WA-31 с точностью 0,05 мг. Отмечено уменьшение массы образцов до 0,1...0,2 %.

Проводилось исследование приповерхностного слоя латуни после лазерного воздействия. Подготовка поверхности образца для микроструктурных исследований на инструментальном металлографическом микро-

ске МИМ-8 осуществлялась механической обработкой, электролитической полировкой, а также ионным травлением на установке ВУП-2. На рис. 2 представлена микроструктура поверхностного слоя образца 2 после лазерного нагрева в течение 30 минут.

Установлено, что лазерное воздействие на поверхность твердокристаллического материала вызывает изменение рельефа поверхности. В зависимости от температуры нагрева, времени выдержки и состояния поверхности эти изменения проявляются как в развитии (образовании углублений в виде канавок с клинообразным асимметричным поперечным сечением), так и в сглаживании рельефа.

Рентгеноспектральный анализ проводился с использованием растрового электронного микроскопа РЭМ 100У. Результаты исследований химического состава приповерхностного слоя образцов приведены на рис. 3. На верхнем графике представлено распределение меди по глубине приповерхностного слоя образца, не подвергавшегося воздействию лазерного излучения, на нижних – относительное содержание Си в зависимости от расстояния до поверхности образцов при увеличении длительности лазерного воздействия. Зарегистрировано изменение химического состава, т. е. концентрации компонентов сплава в приповерхностном слое. Поверхность образцов после обработки представляла собой слой, обогащенный медью, что установлено результатами спектрографического анализа и рентгенографических исследований.

Рентгенографический анализ проводился на установке ДРОН-2,0 в кобальтовом излучении. При увеличении времени лазерного воздействия на рентгенограммах исчезали линии латуни и появлялись линии, характерные для меди.

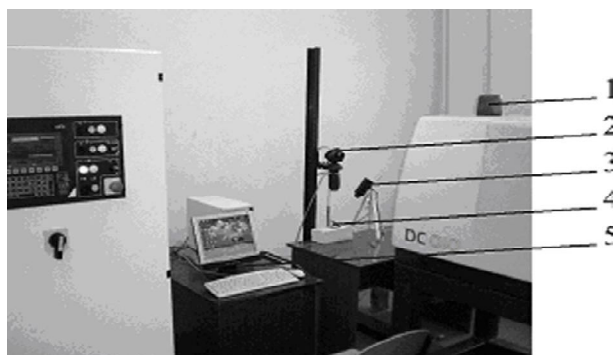


Рис. 1. Внешний вид экспериментальной установки:
1 – газовый CO₂-лазер ROFIN DC 010;
2 – оптическая система; 3 – инфракрасный термометр “Кельвин-1300 ЛЦМ”; 4 – образец;
5 – персональный компьютер



Рис. 2. Микроструктура приповерхностного слоя образца из сплава Л63 после лазерного воздействия (увеличение x1000): 1 – нанопористый слой; 2 – исходная структура

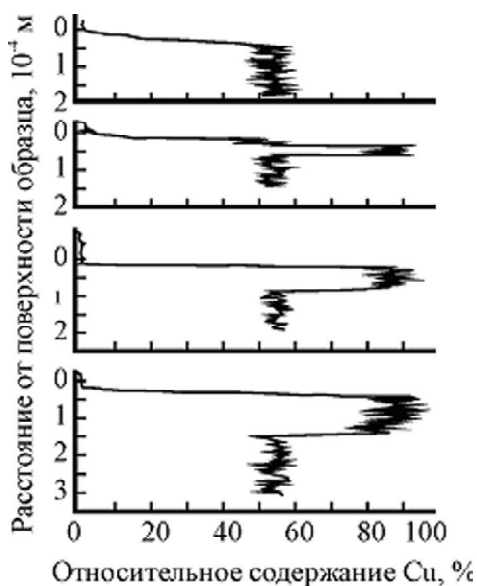


Рис. 3. Результаты исследований химического состава поверхностного слоя образцов после длительной выдержки при лазерном нагреве

Заключение

Разработан метод формирования наноразмерных пористых структур твердокристаллических материалов, заключающийся в воздействии непрерывного лазерного излучения требуемой интенсивности на участки выбранных форм и размеров в течение заданного временного интервала. Проведены экспериментальные исследования по выявлению особенностей воздействия лазерного излучения на структуру поверхностного слоя образцов из латуни Л63. При формировании наноразмерных пористых структур твердокристаллического материала после лазерного воздействия зафиксировано уменьшение массы образцов до 0,1...0,2%. Зарегистрировано изменение химического состава, т.е. концентрации компонентов сплава в приповерхностном слое. Поверхность образцов после обработки представляла собой слой, обогащенный медью, что установлено результатами спектрографического анализа и рентгенографичес-

ких исследований. После длительного воздействия лазерного излучения на рентгенограммах исчезают линии латуни и появляются линии, характерные для меди. Лазерное воздействие на поверхность твердокристаллического материала вызывает изменение рельефа поверхности. В зависимости от температуры нагрева, времени выдержки и состояния поверхности эти изменения проявляются как в развитии (образовании углублений в виде канавок с клинообразным асимметричным поперечным сечением), так и в сглаживании рельефа.

Работа выполнена при поддержке аналитической ведомственной целевой программы "Развитие научного потенциала высшей школы (2006-2008 годы)".

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мулдер М. Введение в мембранную технологию. Пер. с англ. М.: Мир, 1999.
2. Н. Кобаяси. Введение в нанотехнологию. Пер. с японск. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
3. Перспективные материалы. Т. 1. Структура и методы исследования / Под ред. Д.Л. Мерсона. ТГУ, МИСиС, 2006.
4. Перспективные материалы. Т. 2. Конструкционные материалы и методы управления их качеством / Под ред. Д.Л. Мерсона. ТГУ, МИСиС, 2007.
5. Андриевский Р.А., Рагуля А.В. Наноструктурные материалы. М.: Издательский центр "Академия", 2005.
6. Handbook of nanoscience, engineering and technology / Ed. by Goddard et al. CRC Press, 2002.
7. Nanostructured materials and technology / Ed. by Nalwa H.S. Elsevier, 2001.
8. Handbook of porous solids / Ed. by Schueth F., Sing K. and Weitkamp J. New York: Wiley, 2002.

NANODIMENSIONAL POROUS STRUCTURES FORMATION OF SOLID-CRYSTAL MATERIALS BY THE LASER RADIATION INFLUENCE

© 2008 S.P. Murzin, V.I. Tregub, A.V. Mezhenin

Samara State Aerospace University

The method of formation nanodimensional porous structures of the solid-crystal materials, consisting in the influence continuous laser radiation of demanded intensity on sites of the chosen forms and during the set time interval is developed. Experimental researches on the revealing features of the laser radiation's influence on structure of a blanket samples from brass Л63 are carried out. Chemical compound change, i.e. components concentration of the alloy in near-surface layer, is registered, that is established by results of the spectrographic analysis and radiographic researches.