

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра физики твёрдого тела и нанотехнологий

ТОЛКАЧЁВ

Степан Андреевич

**СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО
СЛОЯ ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ЛЕГИРОВАННОГО
АТОМАМИ ХРОМА**

Дипломная работа

Научный руководитель:
доцент кафедры физики твёрдого тела и нанотехнологий БГУ,
кандидат физ.-мат. наук,
Черенда Николай Николаевич

Рецензент:
доцент кафедры ядерной физики БГУ,
кандидат физ.-мат. наук,
Слюсаренко Сергей Сергеевич

Допущен к защите

«__» _____ 20__ г.

Зав. кафедрой физики твёрдого тела и нанотехнологий

Профессор, доктор физ.-мат. наук

Углов Владимир Васильевич

Минск, 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
ГЛАВА 1. ИЗМЕНЕНИЕ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ СИЛУМИНОВ И СИСТЕМ ХРОМ-СИЛУМИН ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ	8
1.1 Взаимодействие компрессионных плазменных потоков с поверхностью материала.....	8
1.2 Изменение структуры и свойств заэвтектических силуминовых сплавов, подвергнутых воздействию пучков заряженных частиц.....	12
1.2.1 Воздействие импульсных электронных пучков	14
1.2.2 Воздействие компрессионных плазменных потоков	16
1.3 Воздействие компрессионных плазменных потоков на алюминиевые сплавы с покрытием хрома.....	22
ГЛАВА 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДИКИ ИССЛЕДОВАНИЯ. РЕЖИМЫ ОБРАБОТКИ	30
2.1 Объект исследования и режимы обработки	30
2.2 Рентгеноструктурный анализ.....	33
2.3 Растровая электронная микроскопия	34
2.4 Эрозия поверхности	35
2.5 Измерение микротвёрдости	35
ГЛАВА 3. СТРУКТУРНО-ФАЗОВОЕ СОСТОЯНИЕ И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА С ПОКРЫТИЕМ ХРОМА, ПОДВЕРГНУТОГО ВОЗДЕЙСТВИЮ КОМПРЕССИОННЫХ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ	37
3.1 Структурно-фазовое состояние системы.....	37
3.2 Морфология, микроструктура, элементный состав поверхностного слоя	41
3.3 Микроструктура и элементный состав поперечного сечения	52
3.4 Эрозия поверхности	67
3.5 Измерение микротвёрдости	70
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	73
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	74
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	78
Публикации по теме дипломной работы.....	78

Реферат

Дипломная работа на 78 страницах; 62 рисунка, 6 таблиц, 38 источников.

Ключевые слова: ЗАЭВТЕКТИЧЕСКИЙ СИЛУМИН, КОМПРЕССИОННЫЕ ПЛАЗМЕННЫЕ ПОТОКИ, ХРОМ, ЛЕГИРОВАНИЕ, ФАЗОВЫЙ СОСТАВ, РЕНТГЕНОСТРУКТУРНЫЙ АНАЛИЗ, МИКРОТВЁРДОСТЬ, ЭРОЗИЯ.

Объект исследования: заэвтектический силумин Al-22Si с покрытием хрома толщиной 2 и 4 мкм.

Цель: исследование структуры, фазового состава, механических свойств заэвтектического силумина с покрытием хрома, обработанного КПП при различных режимах.

Использованы следующие методы исследования: рентгеноструктурный анализ, в том числе с отжигом; растровая электронная микроскопия; измерение эрозии; измерение микротвёрдости.

Установлено, что обработка образцов заэвтектического силумина с покрытием хрома 2 и 4 мкм компрессионными плазменными потоками в диапазоне плотности поглощенной энергии (Q) 22-35 Дж/см² приводит к перемешиванию материала покрытия и подложки и формированию перемешанного слоя толщиной до 40 мкм. В перемешанном слое обнаружено формирование интерметаллида Al₇₄Cr₂₀Si₆ и силицида (Si, Al)₂Cr.

В перемешанном слое формируется мелкодисперсная ячеистая структура. При наличии первичных кристаллов кремния в приповерхностном слое воздействие КПП при Q = 26-35 Дж/см² приводит к формированию дендритной структуры.

Эрозия поверхности при воздействии плазменных пучков достигает 28 и 32 мкг/мм² для толщины покрытия хрома 2 и 4 мкм при 30 и 35 Дж/см² соответственно.

Микротвёрдость образцов с покрытием хрома 2 мкм увеличивается в 6 раз по сравнению с исходным материалом. Микротвёрдость образцов с покрытием хрома 4 мкм увеличивается в 3 раза по сравнению с исходным материалом.

Полученные результаты могут быть использованы для разработки технологии повышения эксплуатационных свойств деталей различного функционального назначения, используемых в аэрокосмической и автомобильной промышленности.

Рэферат

Дыпломная праца на 78 старонках; 62 малюнка, 6 табліц, 38 крыніц.

Ключавыя словы: ЗАЭЎТЭКТЫЧНЫ СІЛУМІН, КАМПРЭСІЙНЫЯ ПЛАЗМЕННЫЯ ПАТОКІ, ХРОМ, ЛЕГІРАВАННЕ, ФАЗАВЫ СКЛАД, РЭНТГЕНАСРУКТУРНЫ АНАЛІЗ, МІКРАЦВЯРДОСТЬ, ЭРОЗІЯ.

Аб'ект даследавання: заэўтэктычны сілумін Al-22Si з пакрыццём хрому таўшчынёй 2 і 4 мкм.

Мэта: даследаванне структуры, фазавога складу, механічных уласцівасцяў заэўтэктычнага сілуміну з пакрыццём хрому, апрацаванага КПП пры розных рэжымах.

Выкарыстаны наступныя метады даследавання: рэнтгенаструктурны аналіз, у тым ліку з адпалам; растравая электронная мікраскапія; вымярэнне эрозіі; вымярэнне мікрацвёрдасці.

Устаноўлена, што апрацоўка ўзораў заэўтэктычнага сілуміну з пакрыццём хрому 2 і 4 мкм кампрэсійнымі плазменнымі патокамі ў дыяпазоне шчыльнасці паглынутай энергіі (Q) 22-35 Дж/см² прыводзіць да мяшання матэрыялу пакрыцця і падкладкі і фармаванню перамяшанага пласта таўшчынёй да 40 мкм. У перамяшаным пласце выяўлена фармаванне інтэрметаліду Al₇₄Cr₂₀Si₆ і сіліцыду (Si, Al)₂Cr.

У перамяшаным пласце фармуецца мелкодисперсная ячэйстая структура. Пры наяўнасці першасных крышталяў крэмнія ў прыпаверхневым пласце ўздзеянне КПП пры $Q = 26-35$ Дж/см² прыводзіць да фармавання дендрытнай структуры.

Эрозія паверхні пры ўздзеянні плазменных пучкоў дасягае 28 і 32 мкг/мм² для таўшчыні пакрыцця хрому 2 і 4 мкм пры 30 і 35 Дж/см² адпаведна.

Мікрацвёрдасць узораў з пакрыццём хрому 2 мкм павялічваецца ў 6 разоў у параўнанні з зыходным матэрыялам. Мікрацвёрдасць узораў з пакрыццём хрому 4 мкм павялічваецца ў 3 разы ў параўнанні з зыходным матэрыялам.

Атрыманыя вынікі могуць быць скарыстаны для распрацоўкі тэхналогіі падвышэння эксплуатацыйных уласцівасцяў дэталей рознага функцыянальнага прызначэння, выкарыстоўваных у аэракасічнай і аўтамабільнай прамысловасці.

Abstract

The thesis contains 78 pages, 62 figures, 6 tables, 38 sources.

Keywords: HYPEREUTECTIC SILUMIN, COMPRESSION PLASMA FLOWS, CHROMIUM, ALLOYING, PHASE COMPOSITION, X-RAY DIFFRACTION ANALYSIS, MICROHARDNESS, EROSION.

The object of the study: hypereutectic silumin Al-22Si with a chromium coating with a thickness of 2 and 4 microns.

Objective: to study the structure, phase composition, and mechanical properties of hypereutectic silumin coated with chromium treated with compression plasma flows under various regimes.

The following research methods were used: X-ray diffraction analysis, including annealing; raster electron microscopy; erosion measurement; microhardness measurement.

It was found that the treatment of samples of hypereutectic silumin coated with chromium 2 and 4 microns with compression plasma flows in the range of absorbed energy density (Q) 22-35 J/cm² leads to mixing of the coating material and the substrate and the formation of a mixed layer up to 40 microns thick. The formation of intermetallic Al₇₄Cr₂₀Si₆ and silicide (Si, Al)₂Cr was found in the mixed layer.

A fine-grained cellular structure is formed in the mixed layer. In the presence of primary silicon crystals in the near-surface layer, the effect of the CPF at Q = 26-35 J/cm² leads to the formation of a dendritic structure.

Surface erosion under the influence of plasma beams reaches 28 and 32 mcg/mm² for a chromium coating thickness of 2 and 4 microns at 30 and 35 J/cm² respectively.

The microhardness of samples with a chromium coating of 2 microns increases by 6 times compared to the source material. The microhardness of samples with a chromium coating of 4 microns increases by 3 times compared to the source material.

The results obtained can be applied to develop a technology to improve the operational properties of elements of various functional purposes used in the aerospace and automotive industries.