

Научная статья

УДК 621.7

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОКРЫТИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОДЕРЖАНИЯ СУРЬМЫ В ЭЛЕКТРОЛИТЕ

**Ольга Сергеевна Петухова, Евгения Александровна Смирнова,
Ангелина Васильевна Неруцкая**

Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет), Москва, Россия

faculty1@mail.ru

Научный руководитель — канд. техн. наук Т. Г. Ягудин

Аннотация. В работе был проведен анализ сплавов Pb—Sn—Sb с различным содержанием сурьмы, используемых для нанесения гальванических покрытий. Результаты анализа будут использованы для разработки новых технологий нанесения антифрикционных покрытий на детали, работающие в условиях трения.

Ключевые слова: гальванические покрытия, механические свойства, кристаллизация, микроструктура, сплав

Original article

STRUCTURE AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF COATINGS DEPENDING ON THE CONTENT OF ANTIMONY IN THE ELECTROLYTE

**Olga Sergeevna Petukhova, Evgenia Alexandrovna Smirnova,
Angelina Vasilyevna Nerutskaya**

Moscow Aviation Institute (National Research University), Moscow, Russia

faculty1@mail.ru

Scientific supervisor — candidate of technical sciences T. G. Yagudin

Abstract. The analysis of Pb–Sn–Sb alloys with different antimony content used for electroplating was carried out. The results of the analysis will be used to develop new technologies for applying antifriction coatings to parts operating under friction conditions.

Keywords: galvanic coatings, mechanical properties, crystallization, microstructure, alloy

При формировании гальванических покрытий из тройных сплавов отдельные фазы могут не выделяться и химические элементы сплава равномерно распределяются в объеме покрытия. Однако при трении материал покрытий нагревается, плавится и после охлаждения вторично кристаллизуется, в результате чего в сплавах выделяются отдельные фазы.

Фазовый анализ сплавов Pb–Sn–Sb с различным содержанием сурьмы в сплаве был проведен с помощью диаграммы тройных сплавов Pb–Sn–Sb при вторичной кристаллизации (см. рис. ниже) и изображений микроструктур, полученных на РЭМ LEO-1420, а также была определена зависимость механических свойств покрытий от фазового состава сплавов.

При вторичной кристаллизации двойного сплава Pb–Sn с содержанием $C(\text{Pb}) = 75,44\%$, $C(\text{Sn}) = 24,56\%$ образуются фазы $\text{Pb} + \alpha(\text{Sn})$, после травления свинца на поверхности покрытия можно наблюдать чистую фазу олова, которая имеет пористую структуру.

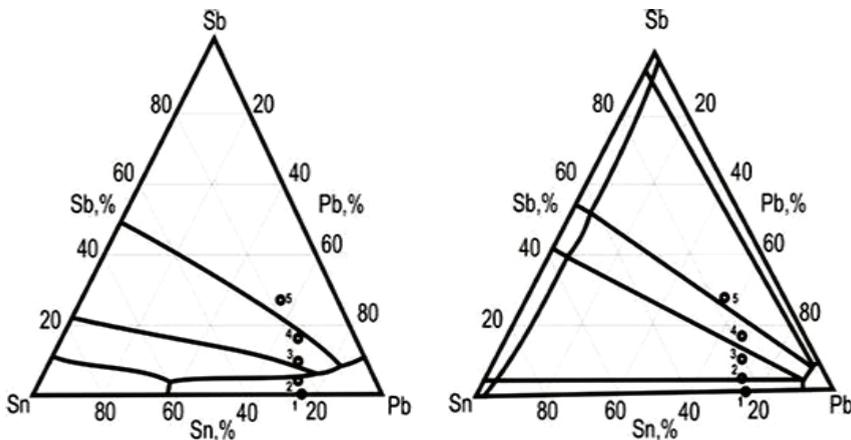


Рис. Диаграмма Pb–Sn–Sb — проекция фазовых областей при кристаллизации:

a — первичной; *б* — вторичной (20 °C)

При вторичной кристаллизации сплава с концентрацией $C(\text{Pb}) = 71,25\%$, $C(\text{Sn}) = 23,2\%$, $C(\text{Sb}) = 5,55\%$ в сплаве выделяются фазы $\text{Pb} + \alpha(\text{Sn}) + \beta(\text{SnSb})$. После травления дорожки трения на поверхности покрытия присутствуют фазы $\alpha(\text{Sn})$ и эвтектика олова с сурьмой, которая имеет вид белых включений на сером поле фазы $\alpha(\text{Sn})$. Сплав имеет пористую структуру.

После кристаллизации сплава с концентрацией $C(\text{Pb}) = 67,7\%$, $C(\text{Sn}) = 21,3\%$, $C(\text{Sb}) = 12,0\%$ в сплаве присутствуют фазы $\text{Pb} + \beta(\text{SnSb})$, после травления свинца на поверхности покрытия остается эвтектика $\beta(\text{SnSb})$. Так как содержание олова в сплаве значительно больше содержания сурьмы, покрытие имеет пористую структуру.

При вторичной кристаллизации сплава с концентрацией элементов в сплаве: $C(\text{Pb}) = 64,2\%$, $C(\text{Sn}) = 17,7\%$, $C(\text{Sb}) = 18,1\%$ образуются фазы $\text{Pb} + \beta(\text{SnSb})$ и после травления свинца на поверхности покрытия остается чистая эвтектика $\beta(\text{SnSb})$. Однако с увеличением содержания сурьмы в сплаве структура становится более равномерной, дисперсной [1].

В сплаве с содержанием $\text{Pb} = 56,6\%$, $\text{Sn} = 16,3\%$, $\text{Sb} = 27,1\%$ кроме Pb и эвтектики $\beta(\text{SnSb})$ выделяется фаза $\gamma(\text{Sb})$, которая представляет собой черные включения, равномерно распределенные по всему объему сплава. У этого сплава структура кардинально отличается от структур предыдущих сплавов. Покрытие мелкодисперсное, равномерное, плотное.

Увеличение содержания сурьмы в электролите ведет к увеличению содержания сурьмы в сплаве. Если олово и свинец являются мягкой составляющей сплава, то введение сурьмы в сплав увеличивает его твердость.

Таким образом, показано, что увеличение содержания сурьмы в сплаве ведет к выравниванию, измельчению структуры, устранению пористости покрытия, улучшению механических свойств покрытий.

Источник

1. Грибанова Ю. Н., Рогожин В. В., Флеров В. Н. Гальваническое осаждение покрытий никель–бор из электролитов с добавкой ДГБН // Гальванотехника и обработка поверхности. 2000. Т. 4. № 4. С. 22–27.

Reference

1. Griбанова Yu. N., Rogozhin V. V., Flerov V. N. Galvanic deposition of nickel-boron coatings from electrolytes with the addition of DGBN // Galvanic engineering and surface treatment. 2000. V. 4. № 4. P. 22–27.