

**СТРУКТУРА, ФОРМИРУЮЩАЯСЯ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТИ  
ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА(Al-(20-22)% Si) ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМ  
ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ**

М.Е Рыгина<sup>1</sup>, Е.А. Петрикова<sup>2</sup>, А.Д. Тересов<sup>2</sup>

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м. н. Ю.Ф. Иванов

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

<sup>2</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН

Россия, г.Томск, пр. Академический, 2/3, 634055

E-mail: L-7755me@mail.ru

**STRUCTURE AND PROPERTIES OF HYPEREUTECTIC SILUMIN (Al-(20-22)% Si) AFTER  
HIGH-INTENSITY ELECTRON BEAM**

M.E. Rygina<sup>1</sup>, E.A. Petrikova<sup>2</sup>, A.D. Teresov<sup>2</sup>

Scientific Supervisor: Prof., Dr. Yu.F. Ivanov

<sup>1</sup>Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

<sup>2</sup>Institute of High Current Electronics SB RAS, Russia, Tomsk, Academic str., 2/3, 634055

E-mail: L-7755me@mail.ru

***Abstract.** This work reflects the study of the composition, the structure and phase composition of the hypereutectic silumin Al-(20-22) wt.% Si, before and after treatment with high-intensity pulsed electron beam submillisecond exposure duration (set SOLO, Institute of High Current Electronics, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences). After treatment the microhardness of samples increased more than 2 times.*

**Введение.** Кремний является основным легирующим элементом алюминиевых сплавов, он придает высокую текучесть и низкую усадку, в результате у сплавов системы Al – Si хорошие литейные свойства и хорошая свариваемость. Кремний является одним из основных легирующих элементов в литейных алюминиевых сплавах. Силумины обычно содержат от 5 до 14% Si, т.е. на несколько процентов больше или меньше эвтектической концентрации. Твердость алюминия напрямую зависит от процентного содержания кремния в нем. Поэтому особый интерес представляют заэвтектические силумины.

Основная сфера применения Al-Si производство поршней. Но данные сплавы обладают нестабильной структурой, неравномерным распределением кремния в отливках. Это приводит к охрупчиванию материала и тем самым исключают возможность применения вне лабораторных условий.

Таким образом, было решено взять образцы силумина с содержанием кремния (20-22) вес. % и провести электронно-пучковую обработку, которая способствует формированию протяженного модифицированного поверхностного слоя с многократно измельченной структуры [1, 2].

Целью настоящей работы является анализ результатов, полученных при исследовании структуры и свойств поверхностного слоя силумина заэвтектического состава, подвергнутого облучению высокоинтенсивным импульсным электронным пучком субмиллисекундной длительности воздействия.

**Материал и методика исследования.** В качестве материала для исследования выбран силумин с разным процентным содержанием кремния 20-22 вес.%, полученный совместно в Физико-техническом институте Национальной академии наук Белоруссии и в Белорусском государственном университете. Модификацию поверхности образцов проводили высокоинтенсивным импульсным электронным пучком на установке «СОЛО» (Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук) [3]. Режим облучения: плотность энергии пучка электронов 40 Дж/см<sup>2</sup>, частота следования импульсов 0,3 с<sup>-1</sup>, число импульсов облучения 20; длительность воздействия пучка электронов 200 мкс, энергия ускоренных электронов 18 кэВ. Облучение образцов литого силумина осуществляли, как показали выполненные ранее расчеты температурного поля [4-6], при условии плавления всех присутствующих в материале фаз.

Анализ дефектной структуры поверхности модифицирования и поперечных шлифов проводили методами оптической и сканирующей электронной микроскопии.

**Результаты и их обсуждение.** Исходное состояние образца можно охарактеризовать как неоднородное. Кремний залегает большими включениями. Характерное изображение приведено на рисунке 1а.

На рисунке 1б приведена характерное изображение структуры исходного образца силумина 20-22 вес.%, полученное с использованием сканирующей электронной микроскопии.

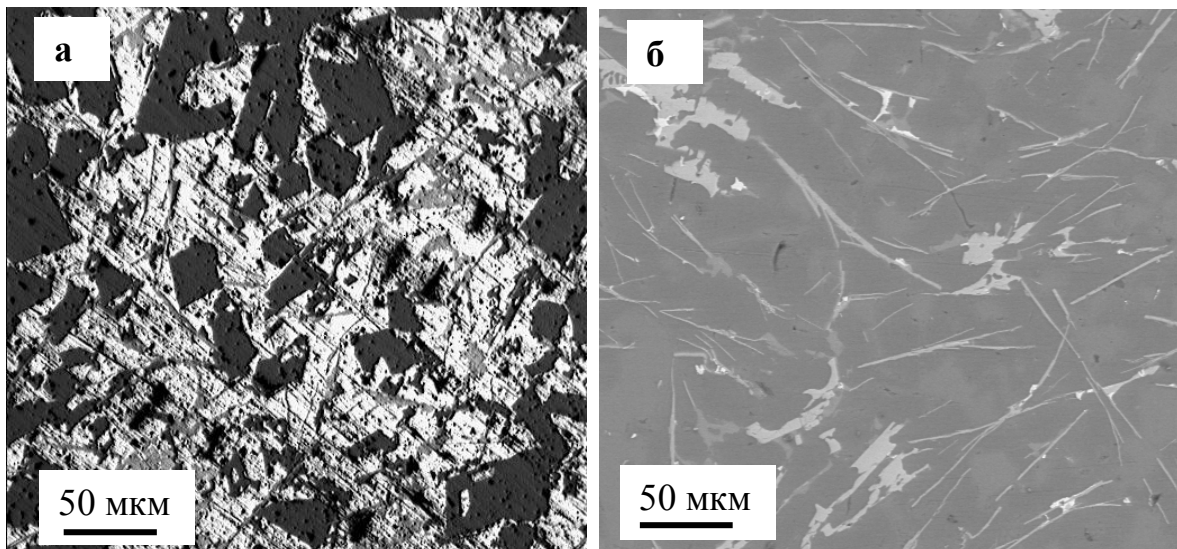


Рис. 1. Структура силумина в исходном состоянии; а – оптическая микроскопия; б – сканирующая электронная микроскопия

После облучения в указанном режиме структура образца стала более однородной (рис. 2а). Кремний равномерно распределился по поверхности образца, толщина модифицированного слоя составила 100-150 мкм (рис. 2б), что приводит к увеличению механических характеристик.

Испытание показали, что твердость образцов после облучения составила около 5900 МПа, что более чем в 2 раза выше, чем в исходном состоянии. Это дает возможность рекомендовать высокоинтенсивный импульсный электронный пучок в качестве инструмента улучшения структуры заэвтектических силуминов.

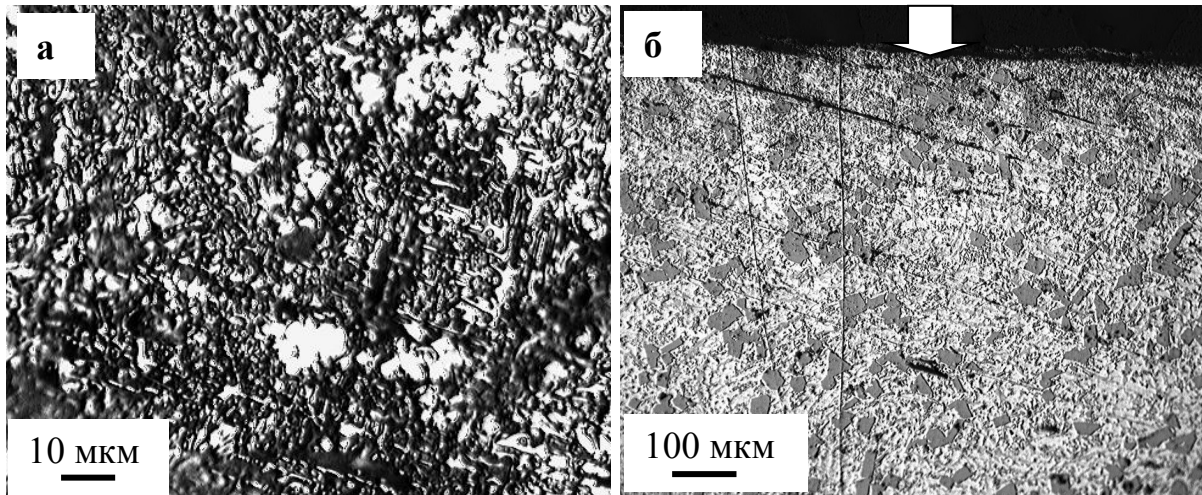


Рис. 2. Силумин, после воздействия импульсным пучком: а - поверхность образца, б - поперечный шлиф; стрелкой на (б) указана поверхность облучения

**Заключение.** В ходе проведения исследование было установлено, что при облучении образцов высокоинтенсивным импульсным электронным пучком на установке «СОЛЮ» (Институт сильноточной электроники Сибирского отделения Российской академии наук) при режиме облучения: плотность энергии пучка электронов  $40 \text{ Дж/см}^2$ , частота следования импульсов  $0,3 \text{ с}^{-1}$ , число импульсов облучения 20; длительность воздействия пучка электронов 200 мкс, энергия ускоренных электронов 18 кэВ, структура эвтектического силумина становится равномерной. Это может косвенно свидетельствовать о наличии у материала высоких эксплуатационных характеристиках. В дальнейшем планируется провести испытания на износостойкость.

Работа выполнена за счет гранта РФФИ (проект № 14-29-00091).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванов Ю.Ф., Петрикова Е.А., Тересов А.Д., Москвин П.В., Будовских Е.А., Коваль Н.Н., Бибик Н.В., Черенда Н.Н., Углов В.В. Наноструктурирование поверхности силумина эвтектоидного состава электронно-ионно-плазменными методами // Известия ВУЗов. Физика. – 2013. – Т. 56. – № 1-2. – С. 98-102.
2. Ласковнев А.П., Иванов Ю.Ф., Петрикова Е.А., Коваль Н.Н., Углов В.В., Черенда Н.Н., Бибик Н.В., Асташинский В.М. Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой. – Минск: Белорусская наука, 2013.- 287 с.
3. Коваль Н.Н., Иванов Ю.Ф. // Известия ВУЗов. Физика. 2008. №5. С. 60-70.
4. Ivanov Yu. F., Koval N. N., Vlasov V. I., Teresov A. D., Petrikova E. A., Shugurov V. V., Ivanova O. V., Ikonnikova I. A., Klopotov A. A. // High Temperature Material Processes. 2013. V. 17(4). P. 241–256.
5. Ivanov Yu F, Petrikova E A, Ivanova O V, Ikonnikova I A, Tereso A.D., Shugurov V V, Krysin O V. // Russian Physics Journal. 2015. V.58. Issue 3. P. 373-379.
6. Иванов Ю.Ф., Петрикова Е.А., Иванова О.В., Иконникова И.А., Ткаченко А.В. // Известия ВУЗов. Физика. 2015. Т.58/ №4. С. 46-51.