

СВОЙСТВА И СТРУКТУРА ЗАЭВТЕКТИЧЕСКОГО СИЛУМИНА, ОБРАБОТАННОГО ИНТЕНСИВНЫМ ИМПУЛЬСНЫМ ЭЛЕКТРОННЫМ ПУЧКОМ

М.Е. Рыгина¹, Е.А. Петрикова², А.Д. Тересов²

Научный руководитель: профессор, д. ф.-м. н. Ю.Ф. Иванов^{1,2}

¹Национальный исследовательский Томский политехнический университет

²Институт сильноточной электроники СО РАН

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

Современное машиностроение требует создания новых материалов с повышенными механическими и эксплуатационными характеристиками. Заэвтектический силумин – литейный алюминиевый сплав алюминия с кремнием, процентное содержание которого превышает 12 вес.%. Твердость силумина напрямую зависит от процентного содержания кремния. Первичный кремний залегает неравномерно, зерна имеют размер 10–40 мкм. Твердость силумина с содержанием кремния 18–20 вес.% в исходном состоянии достигает 890 МПа.

Целью настоящей работы является анализ результатов, полученных при исследовании структуры и свойств заэвтектического силумина, модифицированного интенсивным импульсным электронным пучком.

В качестве материала для исследования выбран силумин, концентрация кремния в котором составляла 18–20 вес.%. Модификацию поверхности образцов проводили высокоинтенсивным импульсным электронным пучком на установке «СОЛО» [1].

Режимы облучения: энергия ускоренных электронов 18 кэВ, плотность энергии пучка электронов 40 Дж/см², частота следования импульсов 0,3 с⁻¹, длительность воздействия пучка электронов 200 мкс, число импульсов воздействия 20. Облучение образцов литого силумина осуществляли, как показали выполненные ранее расчеты температурного поля [2, 3], при условии плавления всех присутствующих в поверхностном слое образца фаз.

Исследования элементного и фазового состава, дефектной структуры поверхности модифицирования и поперечных шлифов проводили методами оптической и сканирующей электронной микроскопии, рентгеноструктурного анализа. Прочностные свойства материала характеризовали микротвердостью. Исследования износостойкости силумина проводилось в геометрии диск-штифт при комнатной температуре и влажности. Объем износа материала определялся после проведения профилометрии образовавшегося трека.

Структура материала до модификации отличается высоким уровнем неоднородности (рис. 1). Первичный кремний неравномерно распределен по всему объему материала. Твердость материала составила 890 МПа.

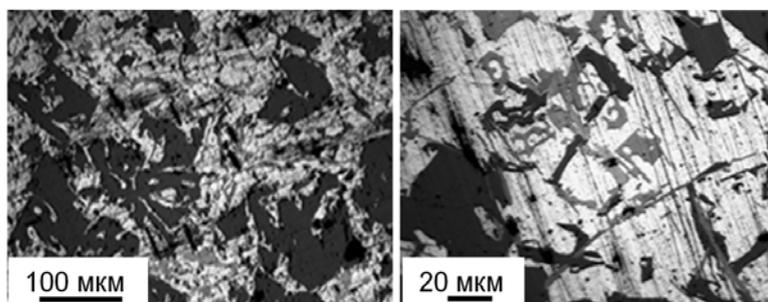


Рис. 1. Типичные изображения структуры образцов силумина, полученные методами металлографии травленного шлифа

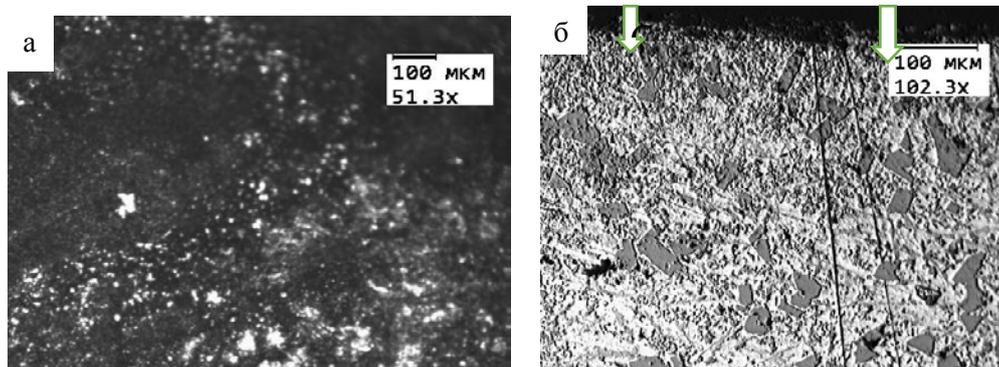


Рис. 2. Изображение структуры после обработки: а – структура поверхности, б – поперечный шлиф

После обработки первичный кремний измельчается, размер зерен 1–3 мкм (рис. 2). Твердость поверхностного слоя составила 4310 МПа, т.е. увеличилась в $\approx 4,8$ раза.

Методами микрорентгеноспектрального анализа установлено, что после облучения электронным пучком в поверхностном слое силумина наблюдается существенное увеличение (до 47,5 вес.%) концентрации кремния.

Результаты измерения твердости модифицированного слоя представлены на рисунке 3. Измерения, выполненные при нагрузке на индентор 50 мН, выявили максимальное значение микротвердости ≈ 10000 МПа. Результаты измерения модуля Юнга выявили увеличение последнего в $\approx 1,4$ раза (рис. 4).

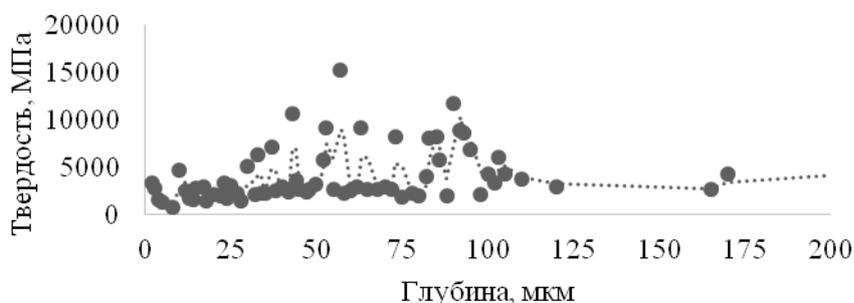


Рис. 3. Профиль твердости силумина, обработанного электронным пучком

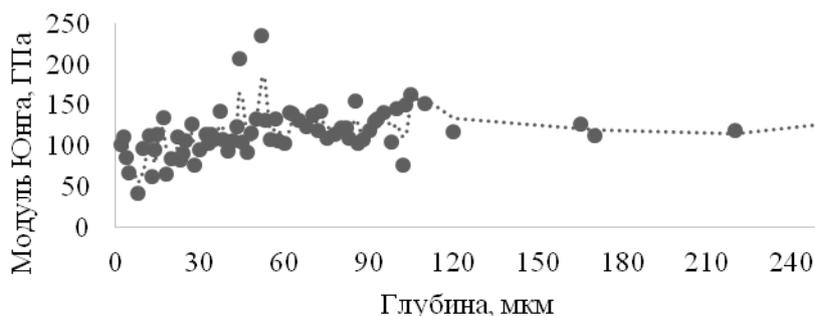


Рис. 4. Профиль модуля Юнга силумина, обработанного электронным пучком

Таким образом, выполненные исследования показали, что в результате облучения силумина интенсивным электронным пучком увеличилась степень однородности структуры, выросла твердость (в $\approx 4,8$ раза) и износостойкость (в $\approx 1,2$ раза), уменьшился коэффициент трения (в $\approx 1,5$ раза) для поверхностного слоя. Данный метод модификации может быть рекомендован к использованию для эвтектических силуминов.

Список литературы

1. Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой / А.П. Ласковнев и др. ; под ред. А.П. Ласковнева. – Минск : Беларус. навука, 2013. – 287 с.
2. Ivanov Yu.F., Koval N.N., Vlasov V.I. et al. // High Temperature Material Processes. – 2013. – Vol. 17(4). – P. 241–256.
3. Иванов Ю.Ф., Петрикова Е.А., Иванова О.В. и др. // Известия вузов. Физика. – 2015. – Т. 58, № 4. – С. 46–51.