

УДК 539.21

ТЕРМИЧЕСКАЯ СТАБИЛЬНОСТЬ ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫХ ФАЗ, СИНТЕЗИРОВАННЫХ ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПЛАЗМЕННЫХ ПОТОКОВ В СИСТЕМЕ «Ti/СИЛУМИН»

Н. Н. ЧЕРЕНДА¹, Н. В. БИБИК¹, В. М. АСТАШИНСКИЙ²

¹Белорусский государственный университет

²Институт тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси
Минск, Беларусь

К силуминовым сплавам, использующихся для изготовления поршней двигателей внутреннего сгорания предъявляется ряд требований, в первую очередь таких, как высокие теплопроводность, усталостная прочность и жаропрочность. Это обуславливает то, что поршневые силумины являются одними из наиболее сложнолегированных алюминиевых сплавов. Легирование такими элементами, как Cr, Ti, Mn, Nb и другие, позволяет значительно увеличить жаропрочность силуминов путем формирования высокотемпературных упрочняющих интерметаллидных соединений [1, 2]. Отмечается также положительное влияние легирования алюминиевых сплавов титаном, заключающееся в измельчении зерна алюминия.

Проведенные ранее исследования [3] показали перспективность использования компрессионных плазменных потоков (КПП) для обработки силумина с предварительно нанесенным покрытием с целью создания легированного композитного приповерхностного слоя в сплаве, обладающем повышенными эксплуатационными характеристиками вследствие формирования упрочняющих метастабильных фаз. Целью данной работы являлось исследование термической стабильности структурно-фазового состояния системы «Ti/силумин», подвергнутого воздействию КПП.

Объектом исследования служили образцы эвтектического поршневого силумина марки АК12ММгН, на которые методом вакуумно-дугового осаждения наносилось титановое покрытие толщиной ~5,5 мкм. Образцы подвергались воздействию КПП, формируемых магнитоплазменным компрессором в режиме «остаточного газа», при котором предварительно откаченную камеру заполняли рабочим газом азотом до заданного давления в 400 Па. Плотность поглощенной энергии Q за один импульс составляла 35 Дж/см². Обработанные КПП образцы подвергали отжигу на воздухе в течение 30...60 мин при температуре 450 °С и 550 °С. Исследования структурно-фазового состояния осуществлялись с помощью рентгеноструктурного анализа (РСА) в CuK_α -излучении. Исследование микротвердости образцов проводилось на микротвердомере MVD 402 Wilson Instruments по методике Виккерса.

Воздействие импульсами плазмы на образцы эвтектического силумина с титановым покрытием приводит к плавлению приповерхностного слоя и конвективному перемешиванию атомов покрытия и подложки с последующей кристаллизацией в условиях сверхбыстрого охлаждения ($\sim 10^5 \dots 10^7$ К/с). Основными фазами в эвтектическом силумине с нанесенным титановым

покрытием согласно рентгеноструктурному анализу являются Al, Si и Ti. Воздействие импульсами плазмы приводит к синтезу $(\text{Al,Si})_3\text{Ti}$, формирующегося на базе решетки Al_3Ti , в которой часть атомов алюминия замещаются атомами кремния (рис. 1). Параметры решетки формируемой фазы составляют: $a = 0,3795$ нм, $c = 0,8539$ нм.

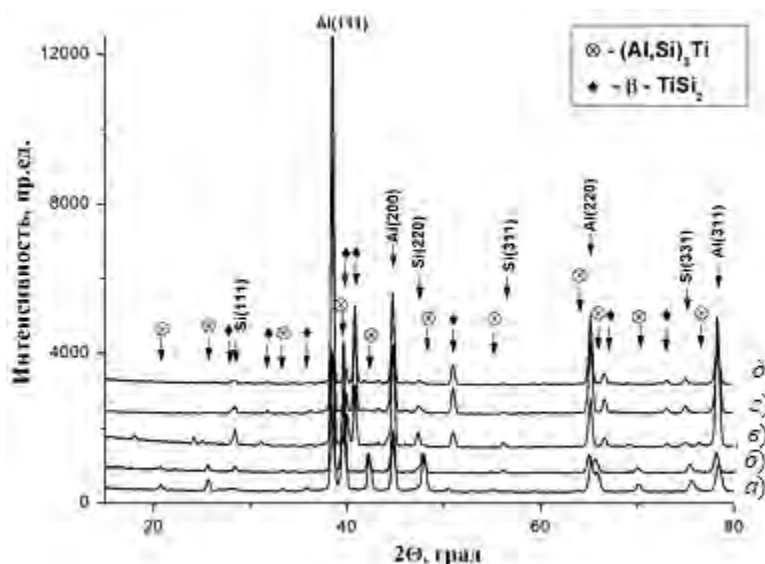


Рис. 1. Дифрактограмма образцов сплава AK12MMgN с нанесенным титановым покрытием, обработанных КПП при $Q = 35$ Дж/см² до (а) и после отжига при 450 °С (б, в) и 550 °С (г, д) в течение 30 мин (б, г) и 60 мин (в, д)

Согласно данным РСА отжиг при 450 °С в течение 30 мин приводит к увеличению параметра решетки $(\text{Al,Si})_3\text{Ti}$ до значений $a = 0,3820$ нм, $c = 0,8561$ нм. Увеличение длительности отжига до 60 мин приводит к распаду данной фазы и формированию $\beta\text{-TiSi}_2$. В образцах, отожженных при 550 °С, распад $(\text{Al,Si})_3\text{Ti}$ наблюдается уже при 30 мин отжига.

Легирование сплава AK12MMgN позволяет увеличить микротвердость приповерхностного слоя в 3 раза. Микротвердость обработанных КПП образцов «Ti/AK12MMgN» после отжига выше микротвердости исходного образца AK12MMgN, подвергнутого отжигу при таких же режимах, в 2,7 и 1,7 раза при отжиге в 450 °С и 550 °С соответственно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Haizhi, Ye.** An overview of the development of Al-Si alloys based material for engine application / Ye. Haizhi // Journal of materials engineering and performance. – 2003. – № 12. – P. 288–297.
2. **Белов, Н. А.** Фазовый состав и структура силуминов / Н. А. Белов, С. В. Савченко, А. В. Хван. – Москва: МИСиС, 2001. – 283 с.
3. Модификация структуры и свойств эвтектического силумина электронно-ионно-плазменной обработкой / А. П. Ласковнев [и др.]. – Минск : Беларуская навука, 2013. – 287 с.