

**А. С. Затуловский, В. А. Лакеев, Е. А. Каранда,
В. А. Щерецкий**

Физико-технологический институт металлов и сплавов НАН Украины, Киев

РАЦИОНАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛИТЬЯ ЭКОНОМНОАРМИРОВАННЫХ АЛЮМОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ЗАГОТОВОК

Рассмотрены некоторые литейные технологии получения композитов на основе алюминиевых сплавов. Установлено, что применение металлических и неметаллических отходов в качестве армирующих элементов позволяет повысить износостойкость базового антифрикционного алюминиевого сплава Ak12M2MgH и срок службы деталей без существенного повышения стоимости материала.

Ключевые слова: алюмоматричные КМ, литейные технологии, армирующие элементы, использование отходов, износостойкость.

Розглянуто деякі ливарні технології отримання композитів на основі алюмінієвих сплавів. Встановлено, що застосування металевих і неметалевих відходів як армуючих елементів дозволяє підвищити зносостійкість базового антифрикційного алюмінієвого сплаву Ak12M2MgH і термін служби деталей без істотного підвищення вартості матеріалу.

Ключові слова: алюмоматричні КМ, ливарні технології, армуючі елементи, використання відходів, опір до зношування.

Some casting technologies of production of the composites based on aluminum are considered. Established that use of metal and non-metal waste as the reinforcing elements can improve wear resistance of the aluminum antifriction alloy Ak12M2MgH and goods without a significant increase in cost of the material.

Keywords: aluminum matrix composite (CCM), casting technologies of production, the reinforcing elements, using waste, wear resistance.

Принцип создания литого композиционного материала (ЛКМ), обладающего уникальными полезными свойствами, заключается в сочетании индивидуальных ценных качеств компонентов в композиционных системах и одновременном подавлении их недостатков. Одним из перспективных способов получения таких материалов является метод жидкофазного совмещения, когда отдельные элементы композита объединяются с использованием жидкого матричного металла (сплава), который после затвердевания связывает композит в единое целое. Следует отметить эффективность и доступность литейных технологий, которые дают возможность наиболее простым путём получить изделия сложной конфигурации с минимальной последующей обработкой.

В последние десятилетия среди металломатричных композитов получили распространение составы на алюминиевой основе. Это обусловлено оптимальным сочетанием литейных свойств жидкого алюминия при получении композита и возможностью регулирования фазового состава матрицы за счёт термической обработки, а также наличием особых деформационных свойств, необходимых при эксплуатации таких составов [1, 2]. Композиты на алюминиевой матрице значительно легче чугуновых и стальных, имеют высокие прочностные характеристики, отличные демпфирующие свойства, повышенную жаропрочность, устойчивость при знакопеременных нагрузках, повышенную износостойкость, высокую тепло-

проводность, низкий коэффициент термического расширения, относительно легко обрабатываются металлорежущим инструментом [1-5].

Анализ имеющихся в литературе сведений показал, что оксиды и ряд соединений на их основе обладают высокой тугоплавкостью, химической стабильностью в широком диапазоне температур и поэтому могут быть рассмотрены как весьма перспективные материалы для использования в качестве упрочняющей фазы при конструировании ЛКМ на алюминиевой матрице. К таким материалам можно отнести некоторые отходы ряда производств, имеющие в основном алюмосиликатный состав. При этом содержание оксида алюминия в них колеблется в пределах 28-50 %. Это алюмосиликаты, некоторые шлаки, пылеуносы, золы и другие материалы, являющиеся недорогими и недефицитными. К такому ряду может быть отнесена также стружка цветных металлов, главным образом на основе латуней и бронз, являющихся отходами производства, что в последние годы привело к необходимости её утилизации.

Существуют различные способы ввода армирующих элементов в композиционный материал [2]:

- заливка (пропитка) матричным расплавом каркаса (насадки) из армирующих элементов, предварительно вставленного в форму;
- сифонная заливка каркаса (насадки), например, с использованием литья по выплавляемым моделям;
- суспензионная композиционная заливка;
- непрерывное композиционное литье;
- получение гетерофазного расплава с использованием ультразвуковой обработки и (или) электромагнитного перемешивания;
- заливка гетерофазного расплава, изготовленного механическим замешиванием армирующих элементов в матричный расплав;
- центробежное композиционное литье;
- пропитка каркаса-насадки.

Для проведения исследований было выбрано ряд способов получения ЛКМ, разработаны, собраны и испытаны лабораторные установки для их реализации. Это горизонтальная установка получения ЛКМ методом центробежного литья (рис. 1, а), установка для замешивания армирующей фазы в расплав (рис. 1, б), установка для вакуум-компрессионной пропитки (рис. 1, в) и установка получения композитов методом гравитационного осаждения (рис. 1, г).

Методами стационарного и центробежного литья были изготовлены модельные образцы отливок композитов. Использовали сплав марки Ак12М2МгН. Армирующими компонентами служили частицы алюмосиликата, карбида кремния, бронзовая стружка. Количество вводимой армирующей составляющей – 5-15 %. Масса отливок – 1,9-2,9 кг. Получены образцы с включениями как моносоства, так и при сочетании двух видов армирующих компонентов, например, алюмосиликат + бронзовая стружка или карбид кремния + бронзовая стружка. (рис. 2) При использовании стационарного метода литья армирующие компоненты, предварительно подготовленные, замешивали в жидкий алюминий, перемешивали образующуюся гетерогенную смесь, а затем заливали её в литейную форму. Введение частиц в расплав осуществляли при температуре 750 ± 20 °С и скорости замешивающего устройства 300 об/мин. В случае центробежного способа изготовления ЛКМ продолжительность заливки составляла 10-20 с. Скорость вращения кокиля во время заливки расплава составляла 1000-1500 об/мин. В подогретый кокиль перед заливкой матричного сплава вводили армирующие элементы, которые подогревали вместе с кокилем газовой горелкой до температуры 200-300 °С. При использовании метода центробежного литья заготовок ЛКМ с горизонтальной осью обращения кокиля в них всегда образовывается слой композита с внешней стороны отливки с равномерным распределением армирующих элементов по длине заготовки. Протяжённость композиционного слоя,

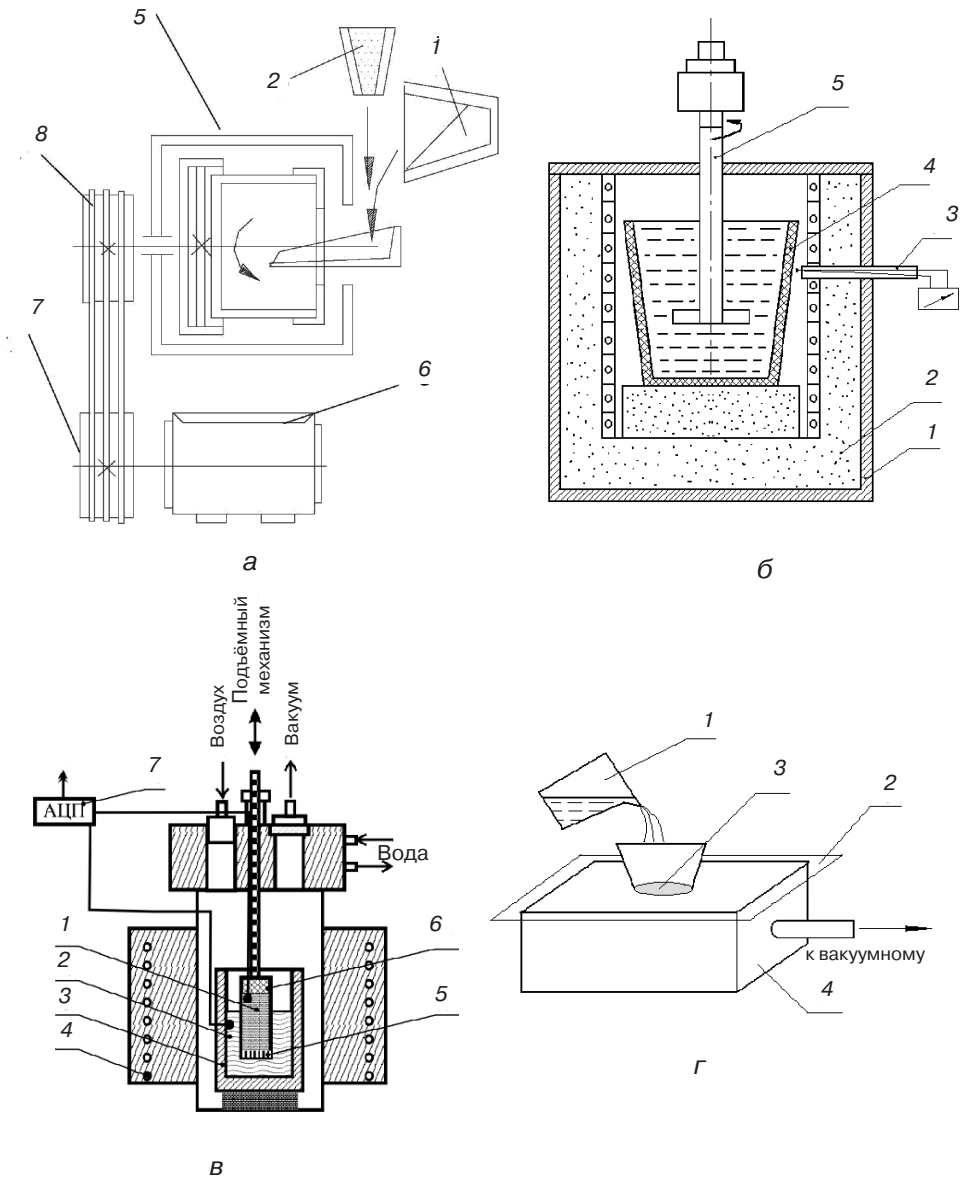


Рис. 1. Некоторые схемы получения композиционных материалов литейными методами: а – ковш с расплавом алюминия (1), ковш с дисперсным наполнителем (2), кокиль (5), электродвигатель (6), большой шкив (7), меньший шкив (8); б – металлический кожух (1), огнеупорная футеровка (2), термопара (3), тигель (4), мешалка (5); в – порошковая смесь (1), металлический расплав (2), графитовый тигель (3), печь сопротивления (4), пористая заглушка (5), вакуумный буфер (6), аналогово-цифровой преобразователь (7); г – ковш с расплавом (1), полиэтиленовая плёнка (2), модель с зернистым наполнителем (3), ёмкость с песком (4)

составляет, в зависимости от вида армирующей фазы, 4-6 мм. Макроструктура темплетов, полученных методом центробежного литья, приведена на рис. 3.

Сравнительные испытания износостойкости исходного и композиционных образцов в режиме сухого трения при скорости скольжения 0,2 м/с показали, что продолжительность работы композиционных материалов до разрушения в 2-12 раз превышает продолжительность работы исходного алюминиевого сплава (рис. 4.) При этом наилучшими трибохарактеристиками обладают центробеж-

Новые литые материалы

нолитые композиционные материалы, армированные частицами каменного литья (образец 2) и гибридной смесью (бронзовая стружка + каменное литьё (образец 3).

Увеличение трибохарактеристик позволяет увеличить срок службы трибоизделий из алюминиевых сплавов, поэтому полученные результаты показывают, что раз-

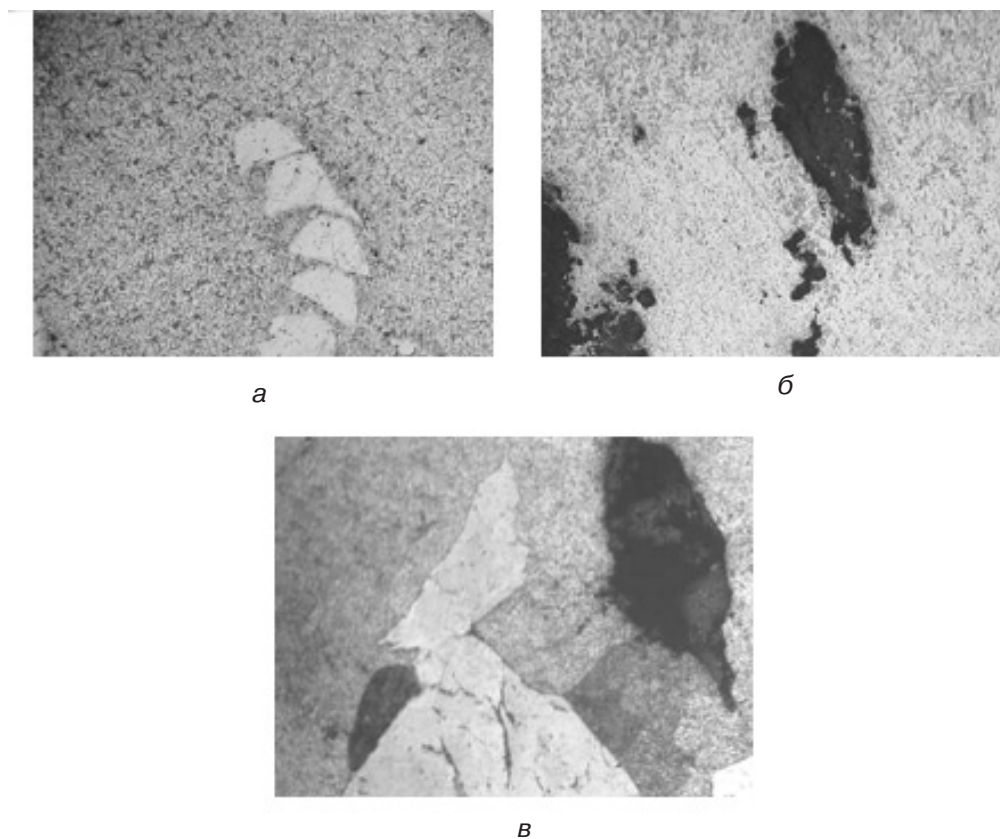


Рис. 2. Структура композиционных материалов на алюминиевой основе: а – армирован бронзовой стружкой, б – армирован частицами алюмосиликатов, в – армирован гибридной смесью (бронзовая стружка + алюмосиликаты), x50

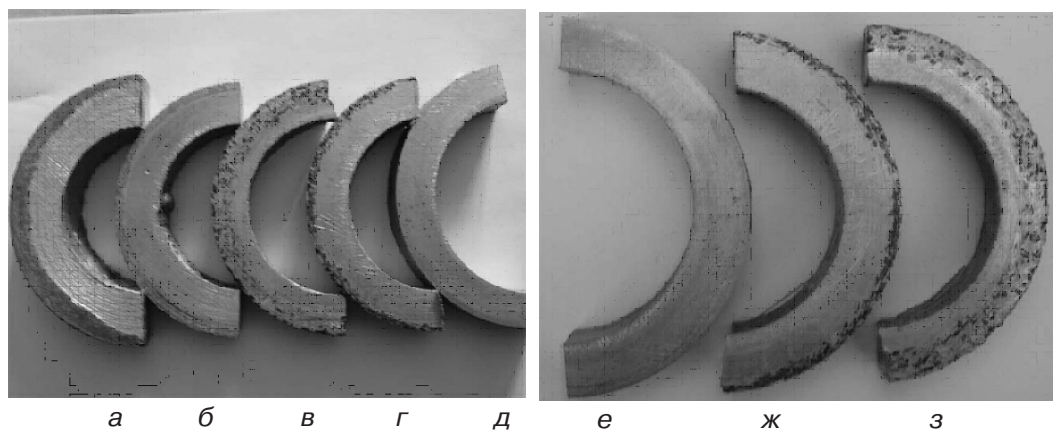


Рис. 3. ЛКМ, вырезанные из центробежных отливок с горизонтальной осью: а, б – ЛКМ с бронзовую стружкой; в – со смесью бронзовой стружки и частиц каменного литья; г – с частицами каменного литья; д, е – исходный алюминиевый сплав; ж – со смесью частиц бронзовой стружки и SiC; з – со смесью частиц бронзовой стружки, SiC и алюмосиликата

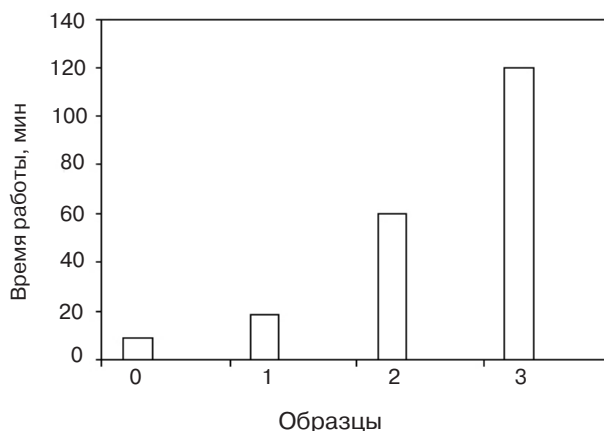


Рис. 4. Сравнительная характеристика и продолжительности работы до разрушения исходного и композиционных образцов в режиме сухого трения: 0 – исходный; 1 – армирован бронзовой стружкой; 2 – армирован частицами каменного литья; 3 – армирован гибридной смесью (бронзовая стружка + каменное литьё (фракция до 3 мм))

работанные литые экономноармированные композиционные материалы являются перспективными для использования в качестве деталей шатунно-поршневой группы автомобилей, тракторов и других трибодеталей с целью повышения их надёжности и долговечности.



Список литературы

1. *Найдек В. Л.* Создание новых технологий и материалов на основе фундаментальных исследований. / В. Л. Найдек // *Литейное производство*. – 1991. – № 3. – С. 3-4.
2. *Литые композиционные материалы*: / С. С. Затуловский и др. – Киев.: Техника, 1990. – 240 с.
3. *Эффективные схемы производства и применения металлической дроби* / С. С. Затуловский и др. – *Металлург*, 2000. – № 6. – С. 39-47.
4. *Создание металлургических технологий утилизации и переработки промышленных и бытовых отходов*. В кн. «*Новости черной металлургии России и зарубежных стран*» / Н. П. Лякишев и др. БНТИ, Москва: 1998, Вып. 3-4. – Ч. 1. – С. 1179-1180.
5. *Экологически чистые металлургические технологии рационального использования энергоресурсов утилизации и переработки отходов* / Л. Н. Шевелев и др. // *Бюллетень «Чёрная металлургия»*. 1999. – № 5-6. – С. 3-10.

Поступила 26.03.2015