

ля. В переходном слое твердость уменьшается за счет снижения в нем концентрации частиц  $Al_2O_3$ . Твердость наружного слоя в полиармированном образце состава АК12+2%  $Al_2O_3$ 40+3% графита несколько ниже, что обусловливается меньшим количеством частиц  $Al_2O_3$  и присутствием мягких частиц графита. В переходном слое происходит заметное снижение твердости за счет уменьшения концентрации частиц  $Al_2O_3$ .

В результате проведения исследований были оптимизированы температурные режимы литья, обеспечивающие формирование плотных градиентных слоев в АКМ: температура композиции  $780 \pm 10^\circ C$ , температура формы  $250 \pm 10^\circ C$ , частота вращения формы  $1000 \text{ мин}^{-1}$ .

#### Литература

1. Отечественные Al-сплавы, применяемые для изготовления отливок автомобилей «Жигули»/ В.А. Ивлев// Литейное производство, 1999.- №2.- с.15-16.
2. Получение плотных отливок из модифицированных силуминов/ Б.М. Немененок, С.П. Задруцкий, А.М. Галушко, А.П. Бежок, И.И. Баешко// Литейное производство, 2006. - №3.- с.17-19.
3. Материаловедение. Изд. 5./ А.А. Черепрахин: М., изд. центр «Академия», 2012 – с. 253.
4. Влияние способа обработки расплава на структуру и свойства алюминиевых сплавов/В.Л. Найдек, А.В. Наривский //Литейное производство, 2003.-№9.- с. 2-3.

### **Влияние армирования на структуру, механические и технологические свойства КМ**

Печников А.А., Толешулы А., Мещеряков Е.Г.  
Карагандинский Государственный Технический Университет,  
г. Караганда, Республика Казахстан  
87015207944, [a\\_pechnikov\\_90@mail.ru](mailto:a_pechnikov_90@mail.ru)

**Аннотация.** В статье рассмотрено влияние армирования на свойства композиционных материалов. Приведены технологические режимы обеспечивающие равномерное распределение частиц в матрице. Выявлено влияние наполнителей на изменение литейных свойств алюминиевых сплавов.

**Ключевые слова:** композиционный материал, армирование, свойства, технология, литье.

Введение в алюминиевые расплавы дисперсных тугоплавких наполнителей способствует уменьшению дендритного параметра литой структуры. Частицы керамики не являются центрами кристаллизации, но оттесняются растущими дендритами  $\alpha$  – алюминия в междендритные пространства, обогащенные легкоплавкими фазами. Модифицирующая роль частиц керамики обусловлена ограничением объемов расплава, в которых проходит ликвация. Частицы металлоподобных карбидов и интерметаллидов также оказывают модифицирующее влияние на литую структуру КМ, но уже как центры кристаллизации. При добавлении в состав КМ частиц графита последние располагаются преимущественно в междендритных пространствах, а также могут служить подложкой для кристаллов первичного кремния в силуминах. Установлено, что с ростом содержания в КМ частиц керамики и графита измельчение фрагментов структуры усиливается.

При увеличениях оптического микроскопа видно, что частицы керамики сохраняют скользящие формы, т.е. жидкофазный процесс не вызывает деградации армирующей фазы (рисунки 1).

С другой стороны, отсутствие пустот и пор на границах раздела свидетельствует об удовлетворительной межфазной связи «наполнитель-матрица». Распределение частиц в матрице зависит от их природы и условий затвердевания композиционных отливок. При увеличении скоростей затвердевания литая структура матриц оказывается более дисперсной, частицы распределяются в матрице более однородно. Полиармирование КМ, или введение в матрицу частиц разной природы, осуществляют с целью расширения эксплуатационных возможностей КМ.

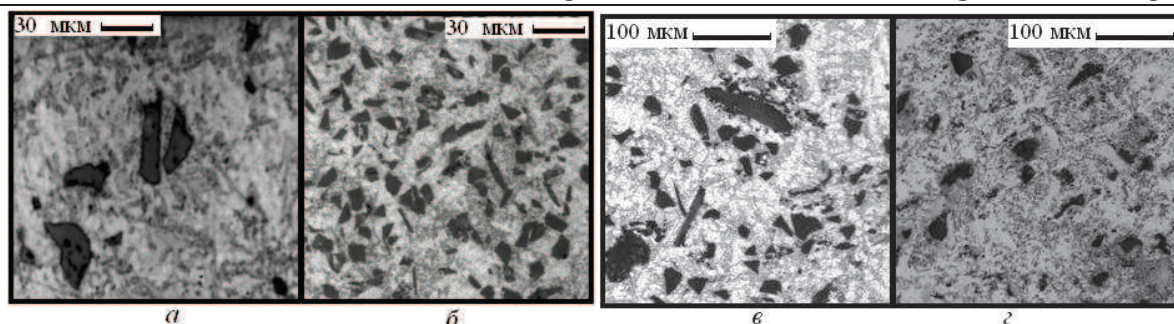


Рисунок 1. Характерная микроструктура КМ:

*a* - АК12+5%SiC(28), *б* - АК12+15%SiC(14), *в* - АК12+5%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(40) +2,5%С(63...100),  
*з* - АК12+5%SiC28+5%TiB<sub>2</sub>

Так, в КМ состава АК12-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-С керамические частицы обеспечивают несущую способность и износостойкость; графитовый наполнитель, являющийся сухой смазкой, вводится в состав КМ для понижения коэффициента трения, при этом нарушения сплошности материала отсутствуют (рисунок 1, *в*).

КМ, получаемые в процессах реакционного литья *in-situ* при добавлении в расплав металлических порошков (Fe, Ti, Zr, Ni и др.), характеризуются протеканием интенсивных экзотермических реакций, результатом которых является образование новых армирующих интерметаллидных фаз (чаще всего Al<sub>3</sub>Me).

На рисунке 2. приведены структуры КМ с металлической матрицей из технического алюминия и упрочняемого термической обработкой сплава Д16 с добавлением в качестве реакционного компонента порошков Ti.

Видно достаточно равномерное распределение в матрице фазы Al<sub>3</sub>Ti, кристаллы которой имеют в основном форму равноосных прямоугольников, иногда со скругленными гранями, реже - игл. Размер кристаллов интерметаллидов вырастает с увеличением температуры расплава и длительности выдержки расплава до разливки. Интерметаллидные армирующие фазы позволяют повысить термическую стабильность КМ благодаря формированию поверхностей раздела интерметаллид/матрица с когерентной или полукogerентной структурой. Экзотермические реакции между расплавом и вводимыми реакционно активными порошками позволяют осуществить полиармирование и ввести в матрицу большое количество керамического наполнителя (рисунок 2, *б*).

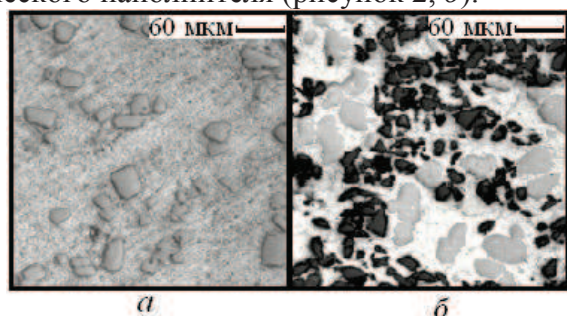


Рисунок 2. Структуры КМ, получаемые в процессах *in-situ*: *a* - Al+7,5%Al<sub>3</sub>Ti, *б* - Д16+7,5%Al<sub>3</sub>Ti+15%SiC(28)

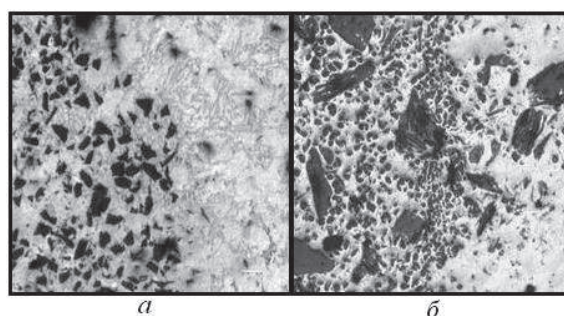


Рисунок 3. Структуры КМ, полученных центробежным литьем на установке ВлГУ по режиму: частота вращения формы вокруг вертикальной оси  $n = 1250 \text{ мин}^{-1}$ ; температура изложницы 200 ... 210°C; температура композиционного расплава - 750 ... 760°C, время обработки в форме - 2...3 мин:  
*a* - АК12-10%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(40) (x200); *б* - АК12-10%Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(40)+2,5%С(400мкм) (x100)

С целью обеспечения функционального распределения частиц в матрице опробован метод центробежного литья. В результате центрифугирования композиционного расплава получают градиентные КМ (рисунок 3).

### Выводы

Такие КМ отличаются наличием пространственно неоднородных структур, благодаря которым материал приобретает новые свойства. Поверхностные слои с повышенной концентрацией армирующей фазы различной природы и состава организуются за счет направленного перемещения дисперсных частиц в жидкометаллической суспензии. Твердые дисперсные частицы, имеющие плотность большую, чем матричный алюминиевый сплав, перемещаются к наружной стенке формы (изложницы), менее плотные – к оси вращения, на свободную поверхность (во внутреннюю часть отливки).

При использовании в качестве армирующего компонента в алюминиевых сплавах ( $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$ ) частиц карбида кремния ( $\rho = 3,2 \text{ г/см}^3$ ) можно создать градиентные КМ, у которых наружные поверхности будут иметь повышенные жесткость и сопротивление износу, а внутренние – сохранять высокие пластичность и вязкость (на уровне матричного сплава), что весьма важно для деталей, работающих в условиях динамического нагружения.

При армировании алюминиевых матриц частицами графита ( $\rho = 2,23 \text{ г/см}^3$ ), призванными обеспечивать эффект самосмазывания в условиях ограниченной смазки при трении скольжения, можно использовать эффект механического увлечения и выноса легких частиц графита к наружной поверхности образца за счет дополнительного введения частиц наполнителя с большим удельным весом, например SiC или  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , т.е. осуществить градиентное полиармирование.

### Литература

1. Повышение механических свойств дискретно-армированных КМ с алюминиевой матрицей// Курганова Ю.А.: Заготовительные производства в машиностроении, 2007, № 5, с. 46-48.
2. Новые материалы автомобилестроения: композиционный материал системы Al-SiC/ Курганова Ю.А., Чернышова Т.А., Соловьев Г.И. труды Международная заочная НТК «Актуальные вопросы промышленности и прикладных наук», Ульяновск, 2004, с. 103-107.
3. Материаловедение. Изд. 5./ А.А. Черепрахин: М., изд. центр «Академия», 2012 – с. 253.
4. Металлокомпозиты для автомобилестроения/ Курганова Ю.А., Чернышова Т.А., Кобелева Л.И. труды IV Международной Научно –технической конференции «Автомобиль и техносфера», Казань, 2005, с. 150.

### **К вопросу о повышении коэффициента использования металла за счет применения совмещенной операции вытяжки-отбортовки при изготовлении коробчатых деталей с отверстием в донной части**

к.т.н. Никитенко В.М.

Ульяновский государственный технический университет, Ульяновск  
8-927-632-82-73, [vm\\_nikitenko@mail.ru](mailto:vm_nikitenko@mail.ru)

*Аннотация.* В статье рассмотрены вопросы формообразования деталей коробчатой формы с отверстием в донной части вытяжкой-отбортовкой, имеющие характер и высокий потенциал использования на промышленных предприятиях.

*Ключевые слова:* коэффициент использования металла, вытяжка-отбортовка, листовая штамповка, эффективность производства

Определенные успехи в области листовой штамповки отечественных и зарубежных ученых и инженеров по созданию и внедрению металлосберегающих технологий достигнуты при производстве деталей в крупносерийном и массовом производстве. Мероприятия, проводимые на передовых предприятиях, позволили существенно снизить норму расхода металла при изготовлении многих деталей. Однако коэффициент использования металла (КИМ) все еще остается невысоким, особенно при изготовлении деталей коробчатой формы с отверстием в донной части.

Работа направлена на применение прогрессивных формообразующих технологий, а