

УДК 621.777:004.942

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ СПЛАВА АК9+С МЕТОДОМ РКУП**

**А. Б. Найзабеков, С. Н. Лежнев, И. Е. Волокитина**

*Рудненский индустриальный институт, Казахстан*

В настоящее время в мире намечена тенденция к возрастанию исследований в области создания и широкого применения металломатричных композиционных материалов. Наиболее дешевыми и надежными являются материалы на основе алюми-

ниевых сплавов, подвергнутых модифицированию и армированию тугоплавкими дисперсными частицами. Среди отличительных свойств таких материалов можно выделить высокие антифрикционные и прочностные свойства, жаропрочность, жесткость, малую плотность, которые обеспечивают существенное снижение массы изделий и конструкций, уменьшают расход материала на изделие с одновременным повышением надежности и увеличением ресурса их работы.

Поэтому в работе [1] исследовалась возможность замены при создании новых материалов дорогостоящего фуллерена на более дешевый фуллереносодержащий материал. Для получения разрабатываемых композитов использовалась литейно-деформационная технология, включающая смешивание порошковых компонентов шихты и проведение механоактивации полученной смеси, экструдирования шихты с получением лигатуры и получение композиционных материалов на основе алюминиевой матрицы при литье. Так как результаты исследований, проводимые в [1], не выявили принципиальных отличий в структурообразовании алюминиевых композитов, полученных с использованием дорогостоящих фуллеренов, в сравнении с композитами, полученными с использованием дешевых наноуглеродных материалов (фуллереновая сажа, фуллереновая чернь), а результаты исследования механических свойств выявили несущественные, но преимущества доэвтектического силумина АК9 модифицированного лигатурой, содержащей наноструктурированный углерод в виде фуллереновой черни и синтезированные частицы стеклоуглерода, образовавшиеся в процессе получения лигатуры, то исследования по изучению возможности процесса прессования алюминиевого композита в равноканальной ступенчатой матрице осуществляли именно для данного композита АК9+С.

В результате прессования силумина АК9+С модифицированного лигатурой при комнатной температуре происходит его разрушение. Поэтому выбор температуры и скорости деформирования для композиционного сплава АК9+С проводился с помощью dilatометра DIL805A/D фирмы «Baehr Thermoanalyse» (Германия).

При визуальном осмотре осаженных образцов при температурах до 450 °С просматривались небольшие трещины, которые располагались в основном в области максимальных растягивающих напряжений, также при скоростях деформирования превосходящих 1 мм/с в структуре наблюдаются микротрещины (рис. 1, в).

Микроструктура образцов, обжатых на 10 %, состоит из смеси эвтектических фаз, причем кристаллы эвтектического кремния сохраняют свою крупную игольчатую форму и только в некоторых местах происходит частичное дробление этих иголок (рис. 1, г). При увеличении обжатия до 60 % наблюдается сильное измельчение эвтектической смеси и кремнистой фазы (рис. 1, д), почти все иголки кремния дробятся на более мелкие части, структура представляет собой своеобразную матрицу с включениями иголок кремния.

Проведя анализ микроструктуры после термомеханической обработки – осадки на 60 % при температуре 450 °С, а затем нагреве до 500 °С и резком охлаждении было получено, что структура претерпела более существенные изменения. Кристаллы кремния приняли более округлую форму, а игольчатых выделений практически не осталось, но в расположении округлых зерен просматривается определенная ориентация, свойственная бывшим иголкам (рис. 1, е).

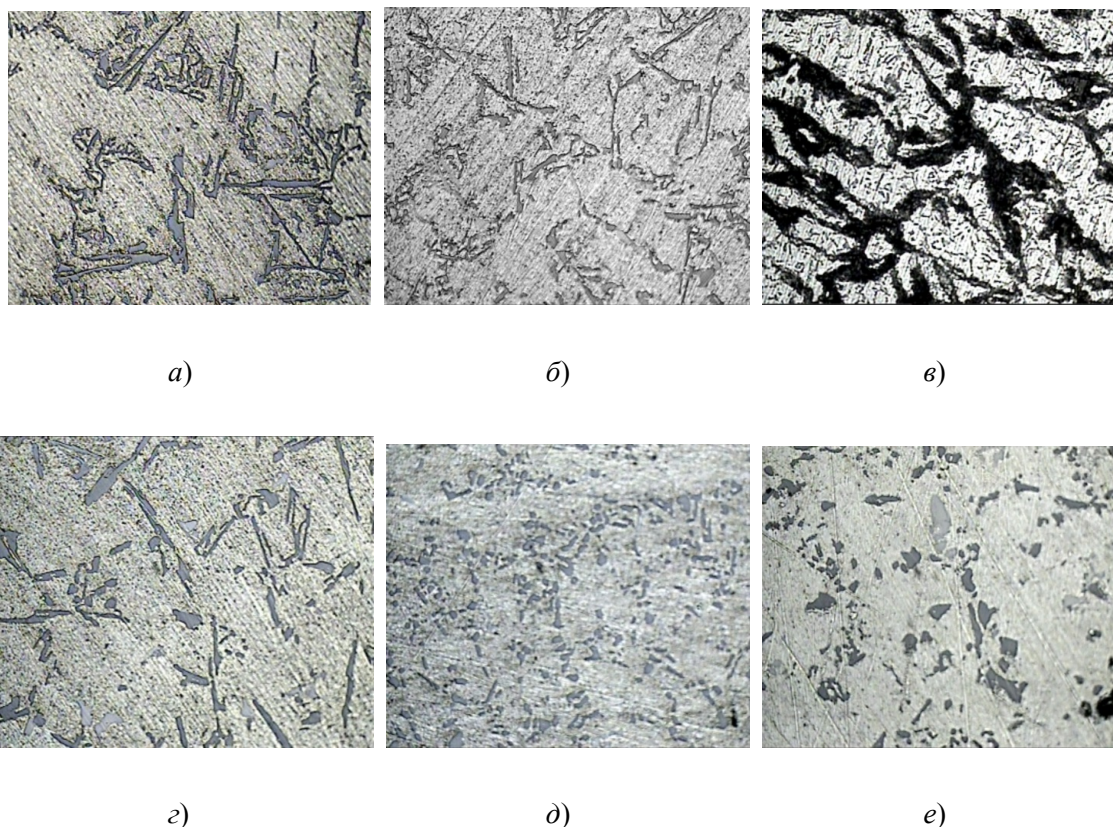


Рис. 1. Микроструктура образцов, полученных после исследований на дилатометре DIL805A/D, x1000

*a* – исходная; *б* – осадка на 10 % при  $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{деф}} = 1\text{ мм/с}$ ; *в* – осадка на 10 % при  $T = 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{деф}} = 2\text{ мм/с}$ ; *г* – осадка на 10 % при  $T = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{деф}} = 1\text{ мм/с}$ ; *д* – осадка на 60 % при  $T = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{деф}} = 1\text{ мм/с}$ ; *е* – осадка на 60 % при  $T = 450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $v_{\text{деф}} = 1\text{ мм/с}$ , а затем нагрев до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  и резкое охлаждение

Исходя из вышеизложенного, решено проводить процесс РКУП при температуре  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  и скорости деформирования  $1\text{ мм/с}$  с нагревом заготовок до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  после каждого цикла деформирования. Нагрев силумина АК9+С модифицированного лигатурой до  $500\text{ }^{\circ}\text{C}$  при РКУП показал возможность его пластического деформирования до 3 проходов, после чего образцы снова разрушались. Проведение трех циклов РКУП позволяет получать образцы без видимых разрушений.

#### Л и т е р а т у р а

1. Разработка и исследование литейно-деформационной технологии получения композиционных материалов на основе алюминиевой матрицы с применением углеродосодержащего ультрадисперсного сырья / Д. В. Куис [и др.] // Научно-технический прогресс в металлургии : тр. VIII междунар. науч.-практ. конф. – Темиртау, 2015. – С. 279–292.