

УДК 669.017.16

ВЛИЯНИЕ ЭРБИЯ И ГАФНИЯ НА СПЛАВ СИСТЕМЫ АЛЮМИНИЙ-МАГНИЙ-МАРГАНЕЦ-ЦИНК-СКАНДИЙ ПРИ МНОГОСТУПЕНЧАТОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

© Малкин К.А., Рагазин А.А.

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация

e-mail: Malkin.ka@ssau.ru

Сплавы системы Алюминий–Магний–Марганец–Цинк–Скандий широко используются в аэрокосмической промышленности. В данной работе исследовано влияние эрбия и гафния на сплав данной системы при многоступенчатой термической обработке. Было изучено влияние компонентов на электропроводность и микротвердость.

При термической обработке в 370°C электропроводность во всех сплавах повышается. В сплавах 1570 и 1580 с выпадением из твердого раствора частиц Al_3Sc , а в сплаве 1590 – с выпадением частиц Al_3Er и Al_3Hf . При термообработке в 440°C электропроводность всех сплавов стремительно повышается в первые два часа, что свидетельствует о распаде пересыщенного твердого раствора в первые часы. После 24 часов наблюдается падение электропроводности, что объясняется растворением крупных интерметаллидных фаз. При 2- и 3-ступенчатой термической обработке частицы из пересыщенного твердого раствора выпадают постепенно, что положительно сказывается на микротвердости.

При термической обработке в 370°C можно увидеть резкий рост в сплавах 1570 и 1590, а в сплаве 1580 такого не наблюдается. Это объясняется наибольшим содержанием Sc в сплаве 1570, благодаря чему происходит наиболее интенсивное выпадение упрочняющих частиц Al_3Sc . В сплавах 1580 и 1590 одинаковое содержание Sc, однако в сплаве 1590 из пересыщенного твердого раствора выпадают частицы Al_3Er , которые повышают микротвердость (рис. 1).

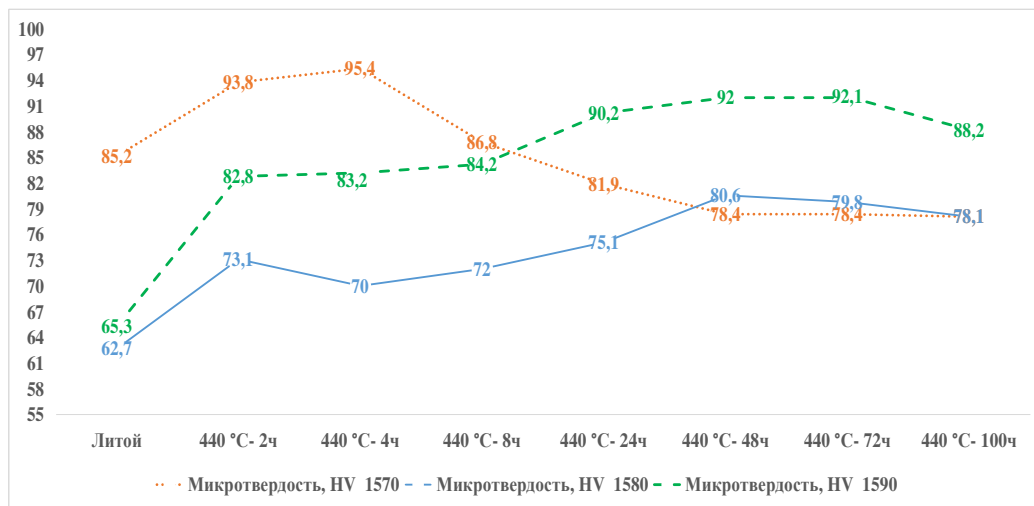


Рисунок 1 – Термическая обработка 370 °C

При термообработке в 440°C максимальное значение микротвердости достигается у сплава 1590. Это объясняется выпадением упрочняющих частиц Al_3Sc и Al_3Er , а также наличием Hf, который препятствует коагуляции мелкодисперсных частиц. В сплавах 1570 и 1580 после 8 и 48 часов соответственно наблюдается падение микротвердости, что связано с коагуляцией частиц Al_3Sc (рис. 2).

Секция 2. Перспективные материалы и технологии изготовления изделий ракетно-космической техники

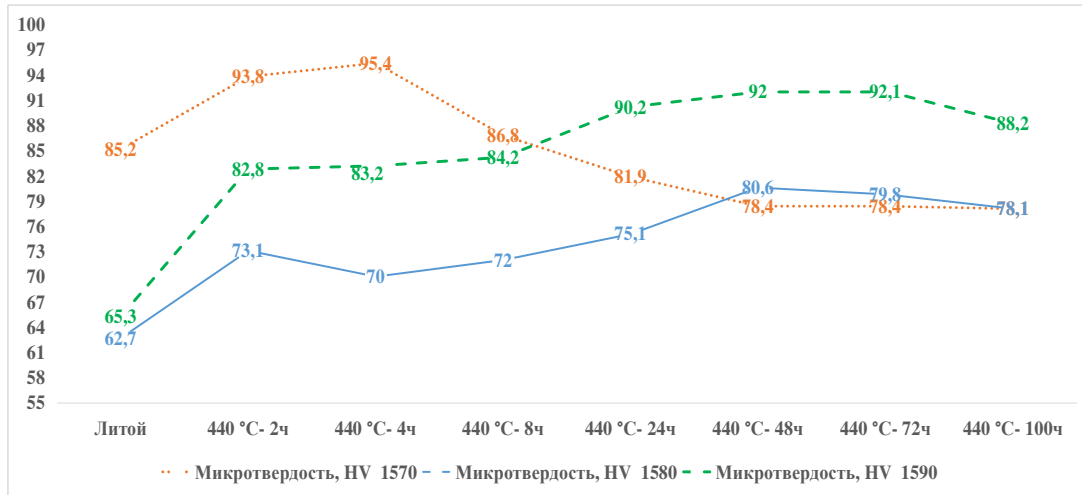


Рисунок 2 – Термическая обработка 440 °С

При 2- и 3-ступенчатой термообработке значительного повышения микротвердости не происходит. Лишь при термообработке 260°С 8 часов + 360°С 8 часов + 440°С 4 часа происходит повышение микротвердости на 5% для всех трех сплавов (рис. 3).

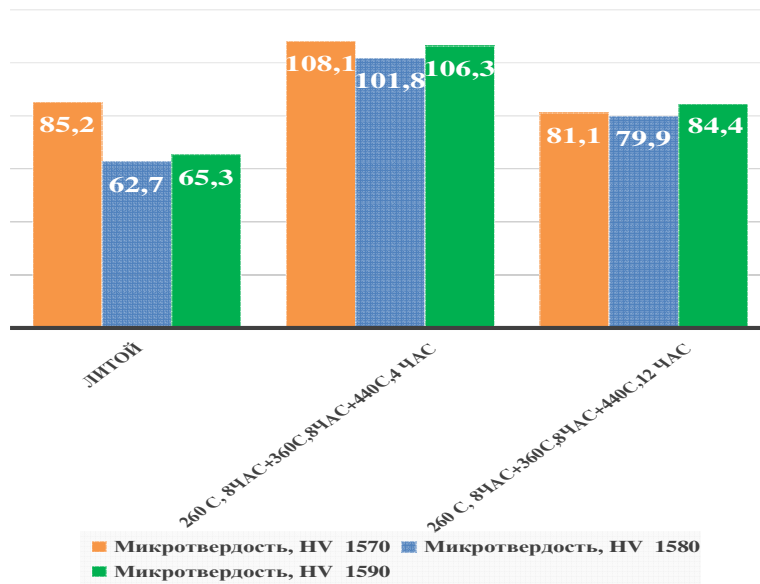


Рисунок 3 – 3-ступенчатая термическая обработка

Комплексное легирование Er и Hf при многоступенчатой термической обработке оказывает положительное влияние на микротвердость, выравнивая ее показатели и незначительно их повышая. Однако одноступенчатая термическая обработка в масштабах производства является более эффективной за счет меньших затрат, при которых уровень микротвердости остается на высоком уровне. Для сплава 1570 самой эффективной оказалась термообработка в 370°С – 105.2 HV. Сплав 1590 показывает лучшие результаты при высокотемпературной термической обработке 440°С, что объясняется наличием Hf в составе, который препятствует коагуляции мелкодисперсных частиц, благодаря чему данный сплав является более перспективным в промышленном производстве.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22–19–00810, <https://rscf.ru/project/22-19-00810>.