

УДК 621 77

И. С. Зуйко

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,
г. Белгород

zuiko.ivan@gmail.com

Научный руководитель — проф., д-р физ.-мат. наук Р. О. Кайбышев

ФАЗОВЫЙ СОСТАВ И СВОЙСТВА СПЛАВА Al–Cu–Mg ПОСЛЕ ХОЛОДНОЙ ПРОКАТКИ И СТАРЕНИЯ

В работе было исследовано влияние термомеханической обработки, включающей обработку на твердый раствор, закалку, холодную прокатку и последующее искусственное старение, на микроструктуру и механические свойства высокопрочного алюминиевого сплава AA2519 (Al–5,64Cu–0,33Mn–0,23Mg (вес. %)). Искусственное старение (190 °C) после прокатки с обжатием 80 % приводит к выделению стабильной θ -фазы (Al₂Cu) по границам деформационного происхождения.

Ключевые слова: алюминиевые сплавы, Al–Cu–Mg, термомеханическая обработка, старение, микроструктура, фазовый состав, механические свойства

I. S. Zuiko

PHASE COMPOSITION AND PROPERTIES OF Al–Cu–Mg ALLOY AFTER COLD ROLLING AND AGING

In the work, the effect of thermomechanical treatment, including solid solution treatment, cold rolling and subsequent artificial aging, on the microstructure and mechanical properties of the high-strength aluminum alloy AA2519 (Al–5,64Cu–0,33Mn–0,23Mg (wt. %)) was studied. Pre-straining significantly increases the performance of alloy mechanical properties. However, as a consequence of ageing (at 190 °C), it was found that precipitates of stable θ -phase (Al₂Cu) nucleate at the deformation bands.

Key words: aluminum alloys, Al–Cu–Mg, thermomechanical treatment, ageing, microstructure, phase composition, mechanical properties

Развитие машиностроения стимулирует поиски новых конструкционных материалов, обладающих высокими показателями удельной прочности. Интерес обусловлен экономической целесообразностью создания еще более прочных и легких конструкций. Поэтому повышение прочности сплавов является актуальной задачей как с научной, так и с практической точки зрения.

Благодаря высокому пределу текучести в сочетании с отличной пластичностью сплавы системы легирования Al–Cu–Mg получили широкое распространение. Как правило, свойства достигаются после обработки, которая включает закалку и старение. Иногда для ускорения и усиления эффекта старения в промежутке между закалкой и старением проводят холодную пластическую деформацию. Такая обработка обеспечивает прирост прочности за счет выделения большего количества дисперсных промежуточных фаз, которые могут зарождаться как гомогенно в теле зерен, так и на дефектах кристаллической решетки (дислокациях, малоугловых границах и т. д.) [1–3].

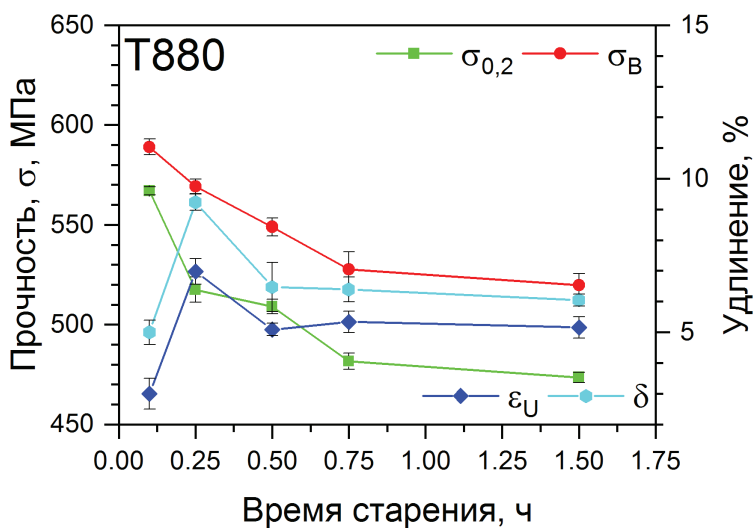


Рис. 1. «Кривые старения» (зависимости прочности и пластичности) сплава AA2519

В качестве стандартной термомеханической обработки для сплава AA2519 (Al–5,64Cu–0,33Mn–0,23Mg (вес. %)) используется обработка T87 [4; 5]. Для оценки возможности повышения механических свойств в работе исследовано влияние термомеханической обработ-

ки, включающей большую пластическую деформацию методом прокатки с обжатием 80 %.

Условия получения слитка, режимы гомогенизационного отжига и горячей деформации сообщались ранее [4; 5]. Из центральной части горячекатаного листа была вырезана пластина толщиной 15 мм. Ее выдержали при 535 °С в течение 1 часа и закалили в холодную воду. Затем прокатали на 80 % при комнатной температуре и отожгли (состарели) при $T = 190$ °С в течении получаса. Условия испытания на одноосное растяжение и пробоподготовка образцов для ПЭМ представлены в работах [4; 5].

Механические свойства. В ходе исследований было установлено, что после прокатки сплав демонстрирует: $\sigma_{0,2} = 567 \pm 2$ МПа, $\sigma_B = 589 \pm 4$ МПа, $\delta = 5$ %. Эволюция прочности и пластичности в зависимости от времени старения представлены на рис. Необходимо отметить, что с ростом продолжительности старения происходит непрерывное снижение показателей прочности.

Морфология и фазовый состав дисперсных частиц. Типичная микроструктура сплава AA2519 после исследуемой термомеханической обработки представлена на рис. 2. Анализ снимков ПЭМ и картин дифракции установил, что помимо упрочняющих θ' - и Ω -фаз [4; 5], по границам деформационного происхождения появляется стабильная θ -фаза (Al_2Cu) (рис. 3).

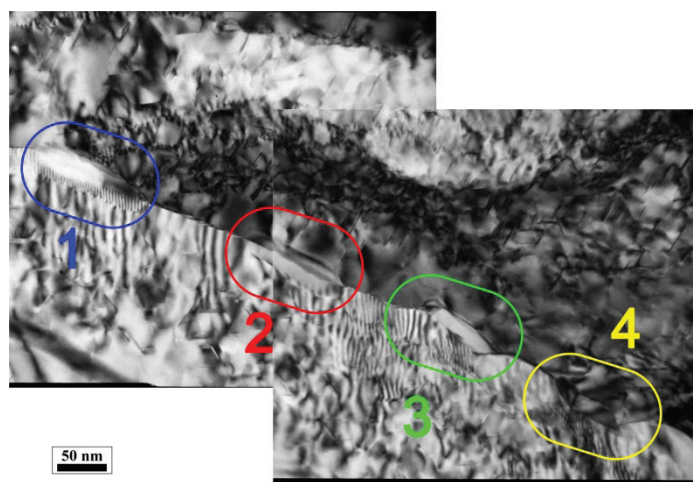


Рис. 2. Микроструктура сплава AA2519 после прокатки с обжатием 80 % и старения при 190° в течении 30 мин

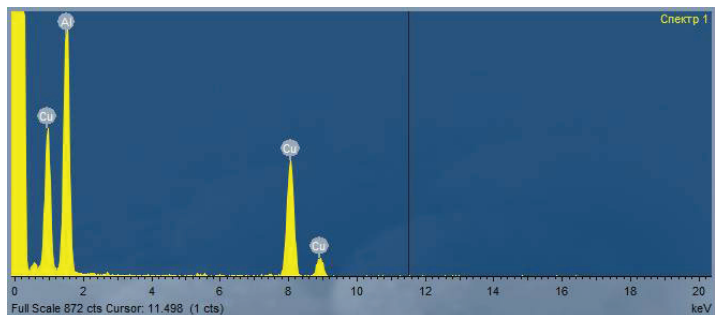


Рис. 3. Типичный спектр частиц сплава AA2519, выделенных на рис. 2, после прокатки с обжатием 80 % и старения при 190° в течении 30 мин

Таким образом, можно предположить: 1) промежуточная деформация методом прокатки приводит к значительному увеличению прочностных свойств сплава; 2) последующее высокотемпературное старение приводит к деградации механических свойств из-за выделений θ -фазы по границам.

Исследование выполнено при финансовой поддержке по гранту Российского научного фонда (проект № 19-79-00304).

Литература

1. Polmear I. J., Light Alloys. From traditional alloys to nanocrystals. Butterworth-Heinemann, Elsevier, UK, 2006. 421 p.
2. Колачев Б. А., Елагин В. И., Ливанов В. А. Металловедение и термическая обработка цветных металлов и сплавов. М. : МИСиС, 2005. 432 с.
3. Фридляндер И. Н. Создание, исследование и применение алюминиевых сплавов. М. : Наука, 2013. 291 с.
4. Зуйко И. С., Газизов М. Р., Кайбышев Р. О. Влияние термомеханической обработки на микроструктуру, фазовый состав и механические свойства алюминиевого сплава AA2519 // ФММ. 2016. Т. 117. № 9; С. 938–951.
5. Кайбышев Р. О., Зуйко И. С., Газизов М. Р., Влияние термомеханической обработки на микроструктуру и механические свойства термоупрочняемого сплава системы Al-Cu-Mg-Mn // ТЛС. 2015. № 2. — С. 63–75.