

УДК 621.777

**Д. С. Ворошилов*, С. Б. Сидельников, М. М. Мотков, О. В. Якивчук,
В. М. Беспалов, Т. В. Бермешев, А. В. Дурнопьянов, Д. В. Назаренко***

¹ Сибирский федеральный университет, Россия, г. Красноярск

*E-mail: sibdrug@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ПРУТКОВ И ПРОВОЛОКИ ИЗ СПЛАВА СИСТЕМЫ AL-РЗМ

В статье представлены результаты исследований по получению проволоки диаметром 0,5 мм из алюминиевого сплава 01417 с содержанием редкоземельных металлов (РЗМ) в количестве 7–9 % для нужд авиастроения. Описаны режимы деформации, методика проведения экспериментов и оборудование для реализации предложенной технологии.

Ключевые слова: алюминий, редкоземельные металлы, проволока, электромагнитный кристаллизатор, совмещенная прокатка-прессование, механические свойства, электросопротивление

**D. S. Voroshilov, S. B. Sidelnikov, M. M. Motkov, O. V. Yakivchuk,
V. M. Bepalov, T. V. Bermeshev, A. V. Durnopyanov, D. V. Nazarenko**

STUDY OF BARS AND WIRES PROPERTIES FROM AL-REM SYSTEM ALLOY

The article presents the results of studies on the production of wire with a diameter of 0,5 mm from aluminum alloy 01417 with a content of rare-earth metals (REM) in the amount of 7–9 % for aircraft construction needs. The deformation modes, the experimental technique and equipment for the implementation of the proposed technology are described.

Key words: aluminum, rare-earth metals, wire, electromagnetic crystallizer, combined rolling-extruding, mechanical properties, electrical resistivity

Бортовые электрические провода являются «нервной системой» современных летательных аппаратов и занимают все большую долю массы этих объектов. Наиболее эффективным путем снижения

массы бортовых проводов является улучшение физико-механических характеристик токопроводящих материалов [1].

В последнее время возникла потребность в проволоке диаметром 0,5 мм, работающей при температуре 250 °С. Наиболее подходящим сплавом, являющимся исходным материалом для получения такой проволоки, является алюминиевый сплав — 01417 [2], содержащий в своем составе 7–9% РЗМ (согласно ТУ 1–809–1038–2018 [3]). Его химический состав представлен в табл.

Таблица

Химический состав сплава 01417

Наименование	Массовая доля, %						
	Пруток литой в ЭМК из сплава 01417, Ø12 мм	Al	Сумма (Ce+La+РЗМ) 7–9, согласно ТУ 1-809-1038-2018				Fe
Ce			La	Pr	Nd		
Основа		4,58	0,22	0,1	<0,1	0,22	0,10

Так как при использовании медных проводов увеличивается масса летательного аппарата, а также существует проблема провисания медной бортовой проводки под действием перегрузок при сопутствующем разогреве корпуса до 250 °С в ходе эксплуатации техники, то полученная проволока диаметром 0,5 мм должна обладать сбалансированным набором свойств, соответствующих ТУ 1–809–1038–2018.

Также с увеличением количества РЗМ в алюминиевом сплаве возрастает количество и размер интерметаллидов, что отрицательно сказывается на всех свойствах проволоки. Поэтому одним из перспективных методов получения длинномерной литой заготовки небольшого поперечного сечения является получение заготовки в ЭМК [4].

В большинстве случаев классические способы получения заготовки под последующее волочение в виде прутков не позволяют получить заданный уровень свойств конечного продукта. Одним из перспективных способов получения прутка под последующую обработку является процесс совмещенной прокатки-прессования (СПП) [5].

Для отработки исследуемых режимов деформации провели экспериментальные исследования на установке СПП-200 [4].

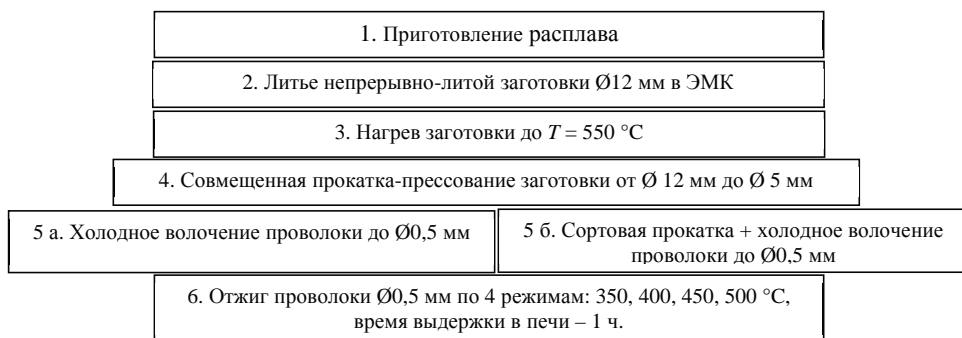


Схема общего технологического процесса получения проволоки из сплава 01417

Исследования позволили установить, что проволока, полученная способом с применением сортовой прокатки с последующим волочением, после отжига по режимам ТО 350, 400, 450 °С и временем выдержки 1 ч обладает требуемым уровнем свойств в соответствии с ТУ [3]. Отжиг проволоки по режиму с температурой 500 °С и временем выдержки 1 ч приводит к снижению временного сопротивления разрыву до значения 137 МПа, что не соответствует ТУ, однако в случае необходимости пластичность (19,1 %) позволяет вести дальнейшую обработку заготовки до диаметров проволоки порядка 0,1–0,2 мм. Значения удельного электрического сопротивления составляют от 0,02902 до 0,02996 Ом·мм²/м для всех проволок и всех режимов ТО.

Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ, Правительства Красноярского края и ООО «Научно-производственный центр Магнитной гидродинамики» в рамках научного проекта № 18-48-242021 «Разработка фундаментальных основ получения деформированных полуфабрикатов электротехнического назначения из высоколегированных сплавов системы Al-PЗМ с применением методов совмещенной обработки и исследование их реологических свойств».

Литература

1. Belov N. A., Alabin A. N., Teleuova A. R. Comparative analysis of alloying additives as applied to the production of heat-resistant aluminum-base wires // Metal Science and Heat Treatment. 2012. V. 53. № 9–10. P. 455–459.
2. Gorbunov Yu. A. The Role and Prospects of Rare Earth Metals in the Development of Physical-Mechanical Characteristics and Applications of Deformable

Aluminum Alloys. Journal of Siberian Federal University // Engineering & Technologies. 2015. V. 8. № 5. P. 636–645.

3. ТУ 1-809-1038-2018. Проволока электротехническая из алюминиевого сплава марки 01417. Технические условия. Введ. 13.06.2018.

4. Исследование структуры металла и оценка свойств опытных образцов из сплава системы Al-PZM, полученных совмещенными методами литья и обработки давлением / Сидельников С. Б. [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2011. № 2 (34). С. 23–28.

5. Сидельников С. Б., Довженко Н. Н., Загиров Н. Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов. М. : МАКС ПРЕСС, 2005. 344 с.