

Е. А. Кулишова, А. В. Дурнопьянов, Н. В. Михайлик*Студенты, Сибирский федеральный университет, Россия, Красноярск**Научный руководитель – кандидат технических наук, доцент В. М. Беспалов**Научный консультант – научный сотрудник ООО «РУСАЛ ИТЦ» В. А. Бернгардт***РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ
СОВМЕЩЕННОГО ЛИТЬЯ, ПРОКАТКИ И ПРЕССОВАНИЯ
ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ ИЗ НОВЫХ
АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КАБЕЛЬНО-
ПРОВОДНИКОВОЙ ПРОДУКЦИИ С ПОВЫШЕННОЙ
ТЕРМОСТОЙКОСТЬЮ**

Актуальной задачей для электротехники в настоящее время является повышение качества кабельно-проводниковой продукции, которая должна обладать сочетанием заданных свойств, а именно, иметь минимально возможный вес, максимальную электропроводность и сохранять прочность при длительных температурных нагревах. В связи с этим ученые уделяют большое внимание разработке и внедрению в производство новых составов алюминиевых сплавов, а также методов изготовления из них длинномерной проводниковой продукции круглого поперечного сечения.

Обеспечить существенное снижение затрат на производство проводниковой продукции позволяет применение технологии совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛиПП) алюминиевых сплавов с содержанием церия, лантана, циркония и железа. Метод обеспечивает рост прочностных и пластических свойств полуфабрикатов за счет интенсивной знакопеременной деформации в процессе обработки.

В результате исследования определено содержание редкоземельных металлов в сплаве, температурно-скоростные параметры процесса СЛиПП, волочения и термической обработки для повышения стабильности структуры и свойств полуфабрикатов электротехнического назначения из новых экспериментальных сплавов при их нагреве до температуры 250°C.

В процессе экспериментов изготовлены прутки диаметром 5 мм из алюминиевых сплавов с различным содержанием церия, лантана, циркония и железа (табл. 1) на установке совмещенной обработки при температуре заливки и подогрева валков, 800 и 100°C, соответственно, частоте вращения валков 4 об/мин, степени деформации при прокатке 50%, коэффициенте вытяжки при прессовании 14,3. Из прутков изготовлена проволока без промежуточной термической обработки и с использованием двухступенчатого отжига в течении 72 часов на разных переходах волочения. Химический состав экспериментальных сплавов приведен в табл. 1, свойства прутков и проволоки сведены в табл. 2–4.

Таблица 1

Химический состав экспериментальных сплавов, %

№ сплава	Al	Σ Ce, La, Zr	Fe
1	основа	0,20	0,19
2	основа	0,21	0,53
3	основа	0,73	0,21
4	основа	0,88	0,68

Таблица 2

Свойства полуфабрикатов без термической обработки

Полуфабрикат	Пруток Ø5 мм после СЛиПП				Проволока Ø4,8 мм			
Сплав	1	2	3	4	1	2	3	4
σ_B , МПа	123	138	146	144	129	157	153	156
$\sigma_{0,2}$, МПа	99	119	107	117	83	67	134	137
δ , %	31,7	29,2	28,8	31,2	15,0	11,0	11,3	12,4

ρ , Ом·мм ² /м	0,0330	0,0332	0,0305	0,0310	0,0332	0,0338	0,0314	0,0319
Полуфабрикат	Проволока Ø3,6 мм				Проволока Ø1 мм			
σ_b , МПа	162	185	189	188	217	224	200	190
$\sigma_{0,2}$, МПа	125	116	113	122	181	183	155	145
δ , %	4,3	7,8	3,0	5,3	2,3	2,7	2,5	2,3
ρ , Ом·мм ² /м	0,0329	0,0337	0,0315	0,0319	0,0321	0,0336	0,0307	0,0314

Таблица 3

Свойства полуфабрикатов с промежуточным двухступенчатым отжигом проволоки Ø4,8 мм

Полуфабрикат	Пруток Ø5 мм после СЛиПП				Отожженная проволока Ø4,8 мм			
Сплав	1	2	3	4	1	2	3	4
σ_b , МПа	123	138	146	144	81	117	88	90
$\sigma_{0,2}$, МПа	99	119	107	117	41	60	33	33
δ , %	31,7	29,2	28,8	1,2	17,5	26,0	32,0	35,0
ρ , Ом·мм ² /м	0,0330	0,0332	0,0305	0,0310	0,0305	0,0301	0,0304	0,0303
Полуфабрикат	Проволока Ø3,6 мм				Проволока Ø1 мм			
σ_b , МПа	141	166	–	–	156	176	164	174
$\sigma_{0,2}$, МПа	114	111	–	–	129	150	144	152
δ , %	4,3	7,8	–	–	2,0	2,0	1,7	2,7
ρ , Ом·мм ² /м	0,030	0,0296	–	–	0,0294	0,0294	0,0294	0,0294

Таблица 4

Свойства полуфабрикатов с промежуточным двухступенчатым отжигом проволоки Ø3,6 мм

Полуфабрикат	Пруток Ø5 мм после СЛиПП				Проволока Ø3,6 мм			
Сплав	1	2	3	4	1	2	3	4
σ_b , МПа	123	138	146	144	162	185	189	188
$\sigma_{0,2}$, МПа	99	119	107	117	125	116	113	122
δ , %	31,7	29,2	28,8	31,2	4,3	7,8	3,0	5,3
ρ , Ом·мм ² /м	0,0330	0,0332	0,0305	0,0310	0,0329	0,0337	0,0315	0,0319
Полуфабрикат	Отожженная проволока Ø3,6 мм				Проволока Ø1 мм			
σ_b , МПа	77	91	90	93	161	172	168	179
$\sigma_{0,2}$, МПа	36	49	34	33	155	166	162	174
δ , %	19,0	19,7	38,0	37,5	2,0	1,8	1,1	1,6
ρ , Ом·мм ² /м	0,0300	0,0302	0,0302	0,0306	0,0301	0,0302	0,0300	0,0300

На основе анализа результатов исследования сформулированы рекомендации по изготовлению проволоки из новых алюминиевых сплавов [1, 2].

Список литературы

1. Исследование влияния параметров процесса совмещенного литья и прокатки-прессования на структуру и свойства деформированных полуфабрикатов из сплавов системы Al–Zr с различным содержанием легирующих элементов/ В.М. Беспалов, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко [и др.] // Производство проката. 2019. № 3. С. 21–28.
2. Study of the influence of conditions of combined casting and rolling-extruding and two-stage annealing on the structure and properties of semi-finished electrical products from an Al–Zr system alloy / V. Bepalov, S. Sidelnikov, D. Voroshilov [et al.] // Key Engineering Materials 805 KEM. 2019. С. 19–24.