

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕФОРМИРОВАННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ АЛЮМИНИЯ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ СОВМЕЩЕННОГО ЛИТЬЯ И ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ

Ворошилов Д. С., Беспалов В. М., Трифоненков А. Л.

Научный руководитель д-р техн. наук, профессор Сидельников С. Б.

Сибирский федеральный университет

Актуальным направлением исследований в металлургии остается получение новых сплавов из алюминия с редкоземельными металлами (далее по тексту РЗМ), а также создание технологии и оборудования для производства из них термически стабильных проводов электротехнического назначения для нужд авиационной и космической промышленности. Работы современных ученых посвящены поиску оптимального состава сплавов системы Al-РЗМ, имеющих высокое содержание легирующих компонентов (до 5-7 % РЗМ). Однако такое содержание этих элементов в составе алюминиевого сплава значительно снижает электропроводность.

В данной работе приведены результаты исследования механических и электрофизических свойств деформированных полуфабрикатов, полученных из новых сплавов алюминия с пониженным содержанием редкоземельных элементов (0,5-3,5 % РЗМ), изготовленных методом совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛИПП) при различных режимах обработки.

Для выполнения данной работы были изготовлены заготовки методом литья в изложницу, с температурой плавки 750 °С и с температурой заливки 730 °С. Затем применялся метод совмещенного литья и прокатки-прессования. Процесс проводился на установке совмещенной обработки, созданной в лаборатории кафедры ОМД ИЦМиМ СФУ на базе прокатного стана ДУО 200. Основным преимуществом совмещенной обработки является сокращение металлургических переделов, что существенно снижает конечную стоимость продукции.

При проведении процесса СЛИПП применялся расплав, который заливался при разных температурах (750 и 780 °С) в калибр вращающихся со скоростью 4 об/мин валков с помощью заливного устройства. Далее металл кристаллизовался в валках и выдавливался в виде прутка диаметром 9 мм через калибрующее отверстие матрицы, установленной на выходе из валков. Затем от пресс-изделий отбирали образцы на исследование механических и электрофизических свойств. Далее полуфабрикаты подвергались холодному волочению без промежуточных отжигов до диаметра 2 мм.

Испытания механических свойств полученных образцов проводили на универсальной электромеханической машине LFM 400 усилием 400 кН с записью основных параметров процесса на ЭВМ. Основными величинами, определяемыми в опытах на растяжение, являлись временное сопротивление разрыву σ_b и относительное удлинение δ . Анализ полученных результатов исследований показал, что в литом состоянии диапазон изменения значений временного сопротивления разрыву металла составляет 60-115 МПа. После горячей обработки закристаллизовавшегося в валках металла методом совмещенного литья и прокатки-прессования и получения прутка диаметром 9 мм значения σ_b увеличиваются до 115-165 МПа в зависимости от содержания РЗМ и технологических режимов обработки (рисунок 1).

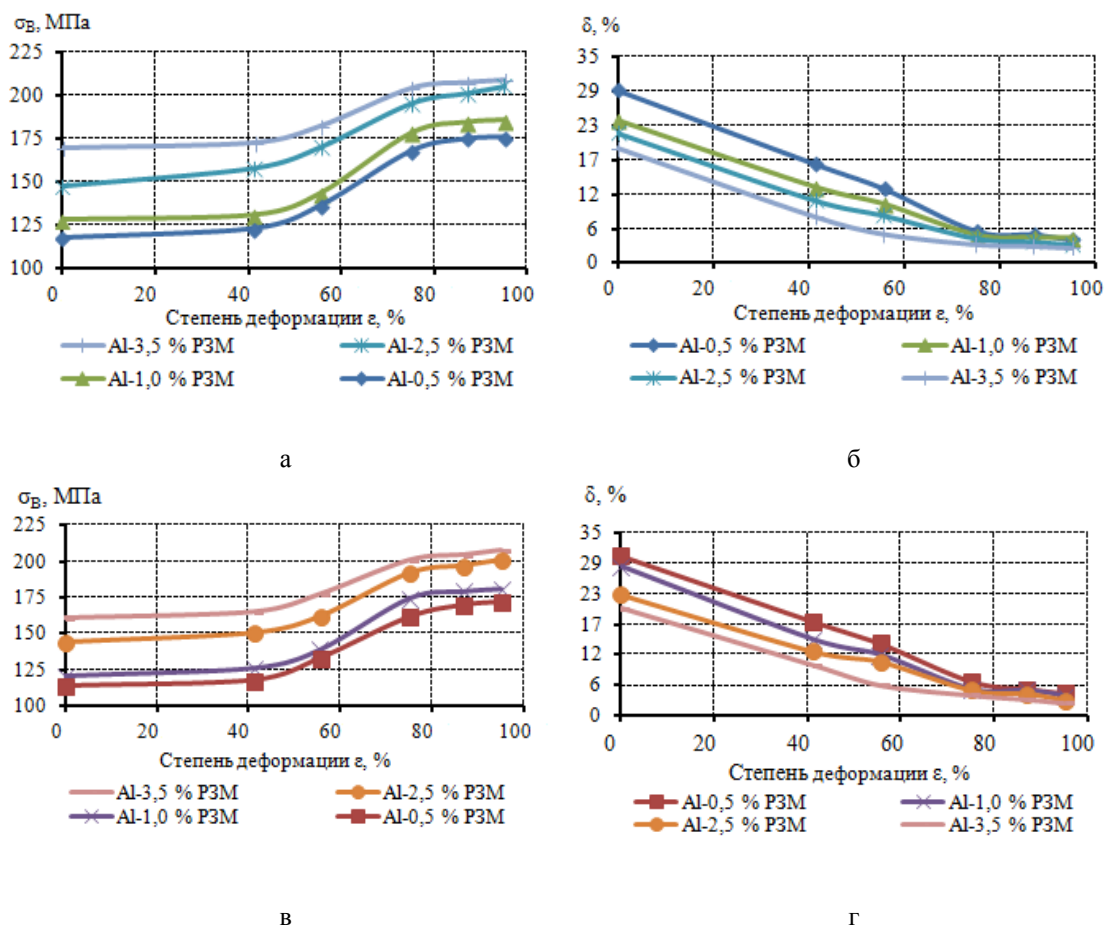


Рисунок 1 – Графики зависимости временного сопротивления разрыву (а, в) и относительного удлинения (б, г) от степени деформации для сплавов Al-P3M, полученных методом СЛИПП при температуре заливки расплава 750 °C (а, б) и 780 °C (в, г)

После холодной деформации и получения проволоки диаметром 2 мм прочностные характеристики увеличиваются до 175-210 МПа, при этом с увеличением содержания P3M повышаются прочностные характеристики. Значения временного сопротивления разрыву проволоки из сплава Al-3,5 % P3M составляет 200-210 МПа, что значительно ниже по сравнению с проволокой из высоколегированных сплавов. Тем не менее, по сравнению с катанкой из А5Е и А7Е и сплава АВЕ, применяемых для производства проводов линий электропередач, прочностные характеристики у исследуемой проволоки выше в 1,5 раза.

Температура заливки расплава в валки оказывают незначительное влияние на уровень механических характеристик, что показано на рис. 1.

На конечном этапе исследований замерялось электросопротивление полученных полуфабрикатов с помощью милливольтметра «Виток» в соответствии с ГОСТ 7229-76. Замеры электросопротивления на деформированных полуфабрикатах, полученных по представленным технологическим режимам, показали, что значения этого параметра для высоколегированных сплавов системы Al-P3M (5-7 % P3M) находятся в пределах 0,03125-0,03311 Ом·мм²/м, что значительно выше значений электросопротивления проволоки с пониженным содержанием P3M. Результаты измерений электросопротивления проволоки из сплавов алюминия с пониженным содержанием P3M (0,5-3,5 %) представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Средние значения удельного электросопротивления деформированных полуфабрикатов, полученных с применением метода СЛИПП

Сплав		Режимы обработки		ρ , Ом·мм ² /м при 20 °С
		T_p , °С	ξ , с ⁻¹	
Прутки	Al – 0,5 % PЗМ	750	0,74	0,02791
		780		0,02793
	Al – 1,0 % PЗМ	750		0,02803
		780		0,02807
	Al – 2,5 % PЗМ	750		0,02813
		780		0,02815
	Al – 3,5 % PЗМ	750		0,02902
		780		0,02925
Проволока	Al – 0,5 % PЗМ	780	0,74	0,02858
	Al – 1,0 % PЗМ			0,02958
	Al – 2,5 % PЗМ			0,03064
	Al – 3,5 % PЗМ			0,03118

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что проволока из сплавов системы Al-PЗМ имеет повышенные характеристики механических свойств по сравнению с катанкой из алюминия марки А5Е, А7Е и сплава АВЕ. Если к проволоке электротехнического назначения предъявляются повышенные требования по прочностным характеристикам, то целесообразно изготавливать ее из сплавов алюминия с повышенным содержанием PЗМ, при этом ее электропроводность будет ниже, чем у проволоки из низколегированных сплавов. Если же к проволоке не предъявляются повышенных требований по прочностным характеристикам, то целесообразно применение в качестве исходного материала сплавов алюминия с пониженным содержанием PЗМ, обладающими более высокой электропроводностью.

Данная научно-исследовательская работа выполнена совместно с ОАО «РУСАЛ ИТЦ» в рамках договора Минобрнауки России №13.G25.31.0083 по созданию высокотехнологичного производства по теме «Разработка технологии получения алюминиевых сплавов с переходными металлами и высокоэффективного оборудования для производства электротехнической катанки».

В настоящее время результаты исследований используются при промышленном внедрении технологии СЛИПП на Иркутском алюминиевом заводе, где в 2014-2015 г.г. планируется выпуск катанки из сплавов системы Al-PЗМ.