

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ КАТАНКИ ИЗ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al-Zr, ПОЛУЧЕННОЙ СОВМЕЩЕННЫМИ МЕТОДАМИ ЛИТЬЯ И ОМД

Трифоненков А. Л., Беспалов В. М.

**Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор Сидельников С. Б.
Сибирский федеральный университет**

На сегодняшний день наблюдается повышенный спрос на деформированные полуфабрикаты электротехнического назначения из алюминиевых сплавов, обладающих высокими эксплуатационными характеристиками, а именно повышенными механическими свойствами при регламентированной электропроводности. В России требования, предъявляемые к алюминиевой катанке, регламентируется ГОСТ № 13843-78, исходя из которого катанка должна производиться на литейно-прокатном агрегате (ЛПА) из сплавов технически чистого алюминия марок А5Е и А7Е. Деформированные полуфабрикаты из этих сплавов обладают высокой электропроводностью, однако имеют недостаточную прочность и термическую устойчивость. Для улучшения последних используют сплавы системы Al-Si-Mg (АВЕ), которые в свою очередь обладают сравнительно низкой электропроводностью. Кроме того современные ЛПА не всегда позволяет обеспечить требуемые показатели, прежде всего этого связано с недостаточной прочностью валкового инструмента для обработки высокопрочных сплавов. Поэтому актуальным направлением является поиск новых материалов и способов обработки, позволяющих исключить указанные выше недостатки.

Одним из возможных решений данной задачи может быть применение совмещенных методов обработки сплавов системы Al-Zr. В данной работе исследовано влияние технологий и приведены результаты исследования механических и электрофизических свойств деформированных полуфабрикатов, полученных из сплавов алюминия с цирконием методами литья-прокатки на ЛПА Иркутского алюминиевого завода, а также литья заготовок, и их прокатки-прессования на установке совмещенной обработки [1]. Для экспериментов использовали 6 сплавов с различным содержанием циркония и железа, химические составы которых близки к составу сплавов по патенту [2].

Технология получения проволоки на литейно-прокатном агрегате включала приготовление расплава в отражательной печи сопротивления, непрерывное литье металла в колесо кристаллизатора ЛПА и последующую сортовую прокатку на многоклетьевом прокатном стане с целью получения катанки диаметром 9 мм.

Катанку в лабораторных условиях получали методом совмещенной обработки, которую осуществляли на экспериментальной установке, смонтированной на базе прокатного стана ДУО 200 с диаметром валков 200 мм. При этом использовали литые заготовки, отлитые в изложницу с размером поперечного сечения 14x14 мм. В соответствии с технологией обработки заготовки нагревали в электрической камерной печи до температуры 550 °С и задавали их в калибр валков экспериментальной установки. К валкам с помощью гидроцилиндра была поджата матрица с калибрующим отверстием, поэтому в качестве готового изделия получали катанку диаметром 9 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 . Электросопротивление полученных полуфабрикатов измерялось с помощью милливольтметра «Виток» в соответствии с ГОСТ 7229–76.

Анализ полученных результатов исследований показал, что в литом состоянии диапазон изменения значений временного сопротивления разрыву σ_b металла

составляет 69-87 МПа. После обработки заготовок методом совмещенной прокатки-прессования (СПП) и получения прутка диаметром 9 мм значения σ_b увеличиваются до 135-143 МПа. Пруток, полученный на ЛПА, имеет значения временного сопротивления разрыву металла в пределах 144-147 МПа. По сравнению с катанкой из А5Е и А7Е и сплава АВЕ, применяемых для производства проводов линий электропередач, временное сопротивление разрыву у исследуемой катанки значительно выше. Катанка, полученная методом СПП, при высоких прочностных характеристиках имеет более высокие значения относительного удлинения, по сравнению с методом ЛПА. При этом катанка, полученная на ЛПА с высокой концентрацией циркония (сплав 3), имеет относительное удлинение ниже требуемого по ГОСТ - 8%. Кроме того, с увеличением концентрации циркония уменьшается пластичность металла. Результаты измерений представлены в табл. 1.

Таблица 1 - Концентрация легирующих элементов, механические свойства и удельное электрическое сопротивление исследуемых сплавов системы Al-Zr

Сплав	Концентрация масс., %		σ_b , МПа	δ , %	УЭС, Ом·мм ² /м
	Zr	Fe			
Катанка, полученная на ЛПА					
1 1267	0,198	0,288	144	11,5	0,03180
2 3696	0,242	0,279	142	8,5	0,03272
3 1265	0,265	0,273	143	7,3	0,03287
Катанка, полученная методом СПП					
4 39-13	0,15	0,30	135,3	16,86	0,03089
5 05-13	0,28	0,26	135	25,62	0,02870
6 30-13	0,3	0,2	143,45	24,3	0,03266

Полученные результаты удельного электросопротивления УЭС (кроме сплава 5, где оно наиболее близко) не удовлетворяет стандарту ASTM B941-05 (до 0,0285 Ом·мм²/м), который применяется за рубежом для производства проволоки электротехнического назначения.

Металлографические исследования катанки из сплавов системы Al-Zr, полученных на ЛПА (рис. 1), показали, что структура состоит из зерен α -твердого раствора на основе алюминия пересыщенного цирконием и мелких частиц избыточных фаз, расположенных по границам деформированных зерен, образуя строчечность. В образцах не выявлено первичных кристаллов фазы Al₃Zr, что свидетельствует о полном растворении циркония в алюминиевом твердом растворе при литье.

Металлографический анализ катанки, полученной методом СПП (рис. 2), показал, что микроструктура образцов исследуемых сплавов состоит из зерен α -твердого раствора и дисперсных частиц железосодержащих фаз. При деформации форма и размеры интерметаллидных фаз Al₃Zr существенно не изменились по сравнению со строением включений в литых заготовках. Литая микроструктура наследуется катанкой, однако в долевом сечении прутка наблюдается ориентированность частиц железосодержащих фаз и включений Al₃Zr в направлении оси деформации. Также вокруг интерметаллидов Al₃Zr наблюдается большое скопление оксидных плен.

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что катанка из сплавов системы Al-Zr имеет повышенные характеристики механических свойств по сравнению с катанкой из алюминия марки А5Е, А7Е и сплава АВЕ. Способ изготовления катанки несущественно влияет на прочностные свойства, но при

обработке методом СПП, катанка обладает большей пластичностью и имеет повышенную электропроводность.

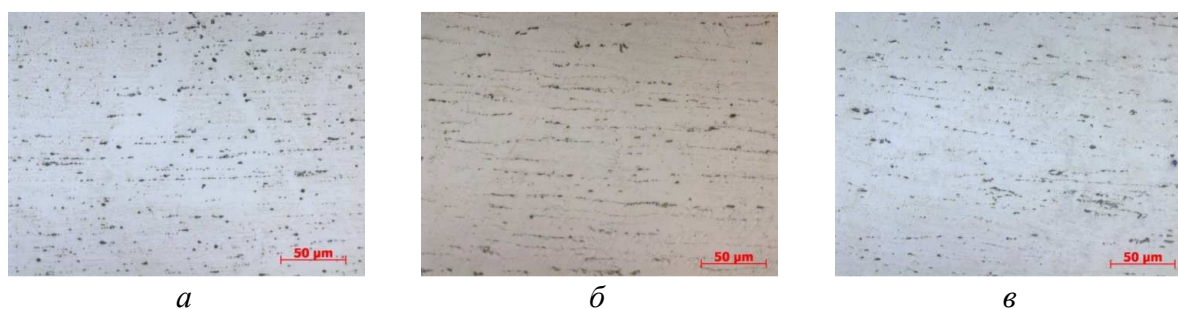


Рисунок 1 - Микроструктура образцов катанки, полученных на ЛПА:
a – сплав 1; *б* - сплав 2; *в* - сплав 3

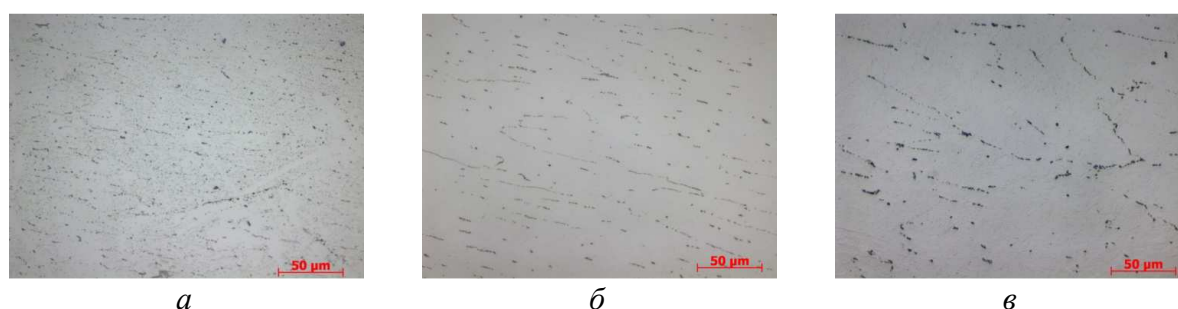


Рисунок 2 - Микроструктура образцов катанки, полученных методом СПП:
a - сплав 4; *б* - сплав 5; *в* - сплав 6

Исследуемые полуфабрикаты имеют недостаточную электропроводность, однако требуемые значения можно достигнуть с помощью отжига. Наиболее близким по свойствам к требованиям стандартов является сплав 5 с содержанием циркония 0,28% и железа 0,26%. В связи с этим дальнейшие исследования целесообразно проводить на данном сплаве с использованием совмещенных методов обработки.

Результаты экспериментальных исследований были использованы при проектировании опытно-промышленной установки совмещенной обработки на основе технического решения [3], внедряемой на Иркутском алюминиевом заводе, рассчитанной на среднечасовую производительность до 4 тонн в час.

Литература

1. Сидельников С.Б., Довженко Н.Н., Загиров Н.Н. Комбинированные и совмещенные методы обработки цветных металлов и сплавов. М.: МАКС Пресс, 2005.
2. Алюминиевый сплав. Патент на изобретение № 2458151, кл. С 21 С 1/02, опубл. 10.08.2012, Бюл. №22.
3. Устройство для непрерывного литья, прокатки и прессования катанки. Патент на изобретение № 2487777, кл. В 22 В 11/06, опубл. 20.07.2013, Бюл. №27.