

А. В. Чумак, А. В. Дурнопьянов, А. Д. Кутрань

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****МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОВМЕЩЕННОГО ЛИТЬЯ И ПРОКАТКИ-ПРЕССОВАНИЯ ПРУТКОВ ИЗ СПЛАВА СИСТЕМЫ Al–Zr И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ СВОЙСТВ**

Метод совмещенного литья и прокатки-прессования (СЛиПП) алюминиевых сплавов с цирконием позволяет добиться существенного улучшения термостойкости, прочности и пластичности проводниковых полуфабрикатов круглого поперечного сечения за счет возникновения дополнительного вида знакопеременной сдвиговой деформации металла в процессе обработки [1, 2].

С целью определения технологических параметров получения прутков из сплава с содержанием 0,15% циркония методом СЛиПП проводили моделирование процесса в программе Deform 3D. Компьютерная модель процесса и химический состав экспериментального сплава представлены на рис. 1 и в табл. 1.

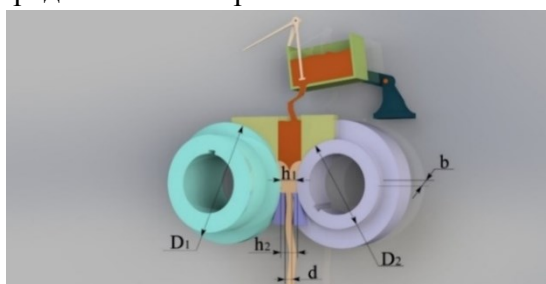


Рис.1. Компьютерная модель процесса СЛиПП: D_1 , D_2 – диаметр валков по выступу и дну калибра; b – ширина калибра; h_1 – минимальная высота калибра; h_2 – высота зеркала матрицы; d – диаметр прутка

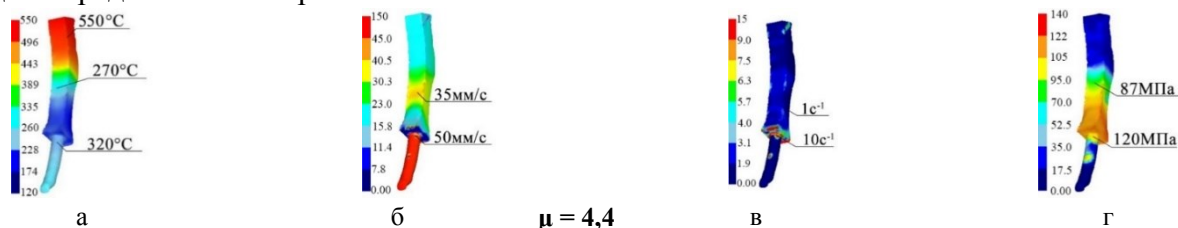
В качестве граничных условий моделирования приняты следующие характеристики: валки и матрица несжимаемые, показатель трения на валках 0,9 и на матрице 0,5, температура расплава 800°C, температура валков 100°C, частота вращения валков 4 об/мин; степень деформации при прокатке 50%, коэффициент вытяжки $\mu = 4,4$ –14,3. Реологические характеристики сплава определены на установке горячего скручивания [3].

Таблица 1

Химический состав экспериментального сплава, %

Al	Zr	Fe	Mg	Si
основа	0,15	0,35	0,01	0,15

Результаты расчетов температурно-скоростных и деформационных параметров по модели представлены на рис. 2.



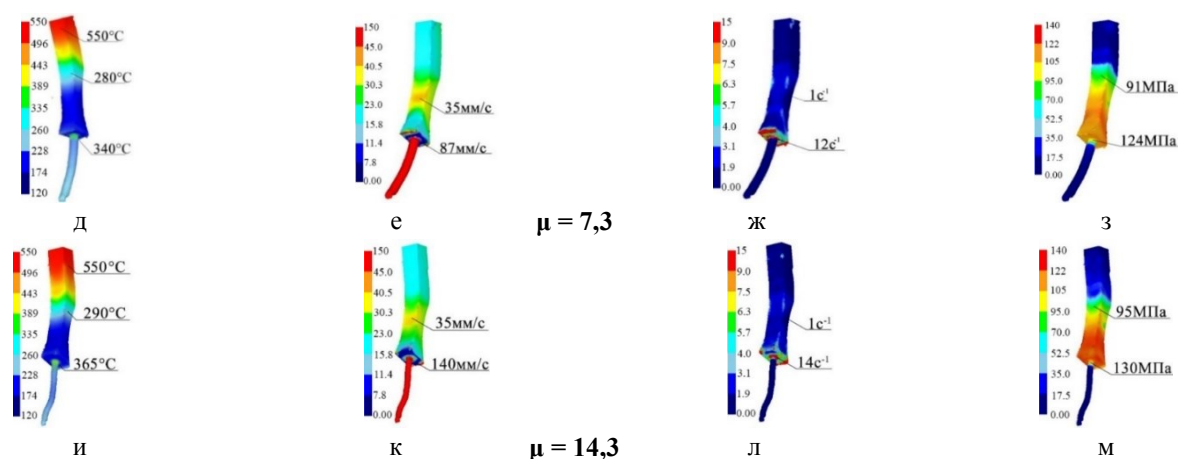


Рис. 2. Результаты моделирования процесса СЛиПП: μ – коэффициент вытяжки при прессовании; а, д, и – распределение температуры, °C; б, е, к – скорость перемещения металла, мм/с; в, ж, л – скорость деформации, s^{-1} ; г, з, м – интенсивность напряжений, МПа

Проведено физическое моделирование процесса СЛиПП прутков диаметром $d = 5, 7$ и 9 мм на установке совмещенной обработки при заданных параметрах. Сравнение расчетных, экспериментальных силовых параметров и свойства прутков, представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2

Силовая нагрузка на инструмент в процессе СЛиПП

Параметр	d, мм	μ	Данные с Deform 3D	Экспериментальные данные	Отклонение, %
Усилие на валках, кН	9	4,4	210	220	4,5
	7	7,3	260	280	7,0
	5	14,3	290	310	6,5
Усилие на матрице, кН	9	4,4	110	115	4,4
	7	7,3	120	125	4,0
	5	14,3	145	156	7,0

Таблица 3

Свойства прутков после СЛиПП

d, мм	μ	$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ , %	ρ , Ом·мм ² /м
9	4,4	84	121	25	0,0298
7	7,3	91	123	20	0,0305
5	14,3	98	135	18	0,0310

Обработка исследуемого сплава методом СЛиПП с повышенным коэффициентом вытяжки позволяет улучшить прочность прутков и повысить производительность их изготовления.

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.
3. 3D-моделирование и исследование процесса совмещенной обработки для получения прутков из сплавов системы Al–Zr / В.М. Беспалов, С.Б. Сидельников, Н.Н. Довженко [и др.] // Производство проката. 2019. № 1. С. 20–25.