

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИТЕЙНОГО АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА НА ПРЕДЕЛ ПРОЧНОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

© 2022 С.В Тарасов., А.А. Мешков

Самарский университет, г. Самара, Россия

В статье рассматривается расчёт содержания различных химических элементов на стойкость в одном из литейных алюминиевых сплавов с использованием информационных технологий.

Ключевые слова: прочность, сплав, влияние химических элементов, химический состав.

Алюминиевые сплавы на сегодняшний день стали основополагающими в авиационном строительстве. Чаще всего применяют не чистый алюминий, а с добавлением в него химических элементов. Так алюминиевые сплавы приобретают высокую плотность, прочность, коррозионную стойкость. Рассмотрим как будут влиять химические элементы в виде магния, цинка и меди на алюминиевый сплав и как это отразится на его прочностных характеристиках. Для исследования этого влияния применим метод математического

моделирования, который активно применяется в науке для моделирования различных процессов [7-10].

Прочность - свойство материала сопротивляться разрушению под действием напряжений, возникающих под воздействием внешних сил [1-6]. Ниже приведена таблица 1 с исходными данными для расчетов. Было рассмотрено 8 опытов, полученных расчетным и экспериментальным путем.

Таблица 1 - Исходные данные

Факторы		Mg,%	Zn,%	Cu,%					σ_B кгс/мм ³
Основной уровень (X_{i0})		40	10	5					
Интервал варьирования (ΔX_i)		5	5	1					
Верхний уровень ($x_i=+1$)		45	15	6					
Нижний уровень ($x_i=-1$)		35	5	4					
Код	X_0	X_1	X_2	X_3	X_1X_2	X_1X_3	X_2X_3	$X_1X_2X_3$	y
№ опыта									
1	+	+	+	+	+	+	+	+	21,3
2	+	-	+	+	-	-	+	-	19,3
3	+	+	-	+	-	+	-	-	18,3
4	+	-	-	+	+	-	-	+	17,6
5	+	+	+	-	+	-	-	-	23,6
6	+	-	+	-	-	+	-	+	20,9
7	+	+	-	-	-	-	+	+	18,9
8	+	-	-	-	+	+	+	-	19,0

Сначала провели проверку статической значимости коэффициентов и получили результаты, где одни из коэффициентов математической модели будут являться статически значимыми, а другие нет. Расчет коэффициентов математической модели зависимости прочностных характеристик от химического состава сплава проводился по следующей формуле:

$$b_i = \frac{\sum_{u=1}^8 X_{iu} Y_u}{\sum_{u=1}^8 X_{iu}^2}, i = 0 \dots 7$$

Коэффициенты, которые являлись статически незначимыми, исключили из модели, тем самым получили уменьшенную модель с оптимальным набором коэффициентов:

$$y_1 = 19,86 + 0,66X_1 + 1,41X_2 - 0,74X_3 + 0,51X_1X_2.$$

Расширенная матрица планирования и обработки результатов эксперимента показана в таблице 2.

Таблица 2 - Расширенная матрица планирования и обработки результатов опыта

b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b0
0,6625	1,4125	-0,7375	0,5125	0,0125	-0,2375	-0,1875	19,863
Округляем до сотых долей							
0,66	1,41	-0,74	0,51	0,01	-0,24	-0,19	19,86

Затем провели проверку адекватности модели, используя критерий Фишера. Полученные данные округлили до сотых долей и сравнили с экспериментальными данными, после

чего выявили погрешность в пределах 5%, которая допускается при обработке результатов эксперимента (табл.3).

Таблица 3 – Проверка адекватности модели.

№ Опыта	X1	X2	X3	X1X2	Экспериментальные значения у	Расчетные значения у	S2неад
1	(+1)	(+1)	(+1)	(+1)	21,3	21,7	0,8655
2	(-1)	(+1)	(+1)	(-1)	19,3	19,87	
3	(+1)	(-1)	(+1)	(-1)	18,3	18,37	
4	(-1)	(-1)	(+1)	(+1)	17,6	17,56	
5	(+1)	(+1)	(-1)	(-1)	23,6	23,18	
6	(-1)	(+1)	(-1)	(-1)	20,9	20,84	
7	(+1)	(-1)	(-1)	(-1)	18,9	19,34	
8	(-1)	(-1)	(-1)	(+1)	19	19,04	

Таблица 4 – Расчет дисперсии опыта

№ Опыта	S2неад	S2yu	расч. Ff2f1
1	0,053	37,5	0,0014
2	0,1083	21,875	0,0049
3	0,0016	12,5	0,00013
4	5,333	21,875	0,24379
5	0,0588	21,875	0,00269

6	0,0012	21,875	5,4857
7	0,06453	12,5	0,00516
8	5,333	28,125	0,18962

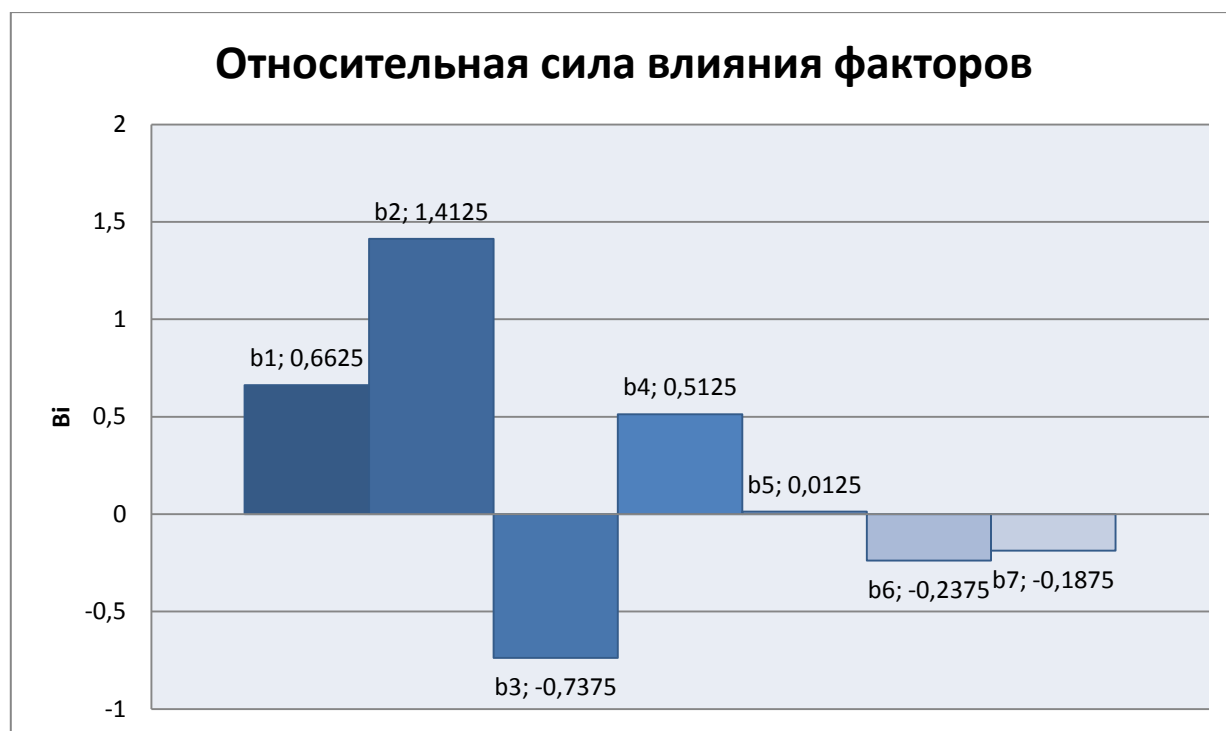


Рисунок 1 – Анализ модели

Проанализировав расчеты (табл. 4), определили, что рассчитанная математическая модель зависимости предела прочности от химического состава сплава является адекватной, так как расчетный коэффициент Фишера (0,043) меньше табличного коэффициента, составляющего значение 4,07.

В итоге отметим, что все соображения о направлении и силе влияния изученных факторов на предел прочности литейного алюминиевого сплава показывают, что на прочность сплава влияет добавление легирующих элементов, таких как магний, цинк и медь (рис. 1). Чем выше процент содержания цинка в сплаве, тем будет выше его прочность, а

при высоком содержании меди наоборот сплав будет менее прочен. Вторым по своему влиянию на прочность идет магний, который тоже имеет сильное влияние на прочностные характеристики сплава. Так же сильно будет влиять на прочность комбинация магния и цинка. Самый оптимальный вариант при имеющихся компонентах представлен в опыте № 5 со следующим содержанием легирующих элементов: содержание магния в сплаве должно быть 45%, цинка - 15% и меди - на уровне 6%, тогда будет достигнут оптимальный предел прочности, равный 23,6 кгс/мм³.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Белов Н.А. Фазовый состав алюминиевых сплавов – М: МИСиС, 2009. – 392 с.
2. Беляев А.И., Бочвар О.С, Буйнов Н.Н. Металловедение алюминия и его сплавов— М.: Металлургия, 1983. - 280 с.
3. Борисоглебский Ю.В., Галевский Г.В., Кулагин Н.М, Минцис М.Я, Сиразутдинов Г.А. Металлургия алюминия. - Н: Наука, 1999. - 438 с.
4. Добаткин В.И. Алюминиевые сплавы: плавка и литье алюминиевых сплавов. - М.: Металлургия, 1970. - 416 с.

5. Колобнев Н.И., Хохлатова Л.Б., Лукина Е.А. Тенденции развития алюминий-литиевых сплавов и технологии их обработки. - М.: ВИАМ, 2019. – 367 с.
6. Корнеев Н. И. Ковка и штамповка цветных металлов. - М.: «Машиностроение», 1971. - 232 с.
7. Хаймович И.Н., Демьяненко Е.Г. Математическое моделирование материалов и процессов. – Самара: Изд-во СГАУ, 2015. – 82 с.
8. Хаймович И.Н., Гречников Ф.В., Ненашев В.Ю. Управление технологической подготовкой производства компрессорных лопаток на основе интегрированного проектирования и инженерного анализа // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. - 2008. - № 6. - С. 42-46.
9. Хаймович И.Н., Хаймович А.И., Сурков О.С. Практика применения специализированных технологических шаблонов процесса пятиосевой механической обработки лопаточных венцов моноколес // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. - 2016. - № 1. - С. 103-108.
10. Haimovich I.N., Frolov M.A. Improvement of technological process of multiproduct production on the bases of simulation modeling of production unit // Key Engineering Materials. - 2016. - Т. 684. - С. 487-496.

STUDY OF THE INFLUENCE OF CHEMICAL COMPOSITION ON RESISTANCE AGAINST HIGH-TEMPERATURE OXIDATION OF NIOBIUM-BASED ALLOYS USING INFORMATION TECHNOLOGIES

© 2022 Sergey V. Tarasov, Artem A. Meshkov

Samara University, Samara, Russia

The article deals with the calculation of the composition of various chemical elements for durability in one of the cast aluminum alloys using information technology.

Key words: strength, alloy, influence of chemical elements, chemical composition.