

Е. М. САВИЦКИЙ и М. А. ТЫЛКИНА

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СПЛАВОВ СИСТЕМЫ Al—Mg

(Представлено академиком Г. Г. Уразовым 6 IX 1948)

Диаграмма состояния системы Al—Mg представляет особый интерес потому, что она дает основные направляющие сведения о природе и строении многих легких и ультралегких сплавов.

В результате работ ряда исследователей общий вид этой диаграммы в основном можно считать установленным, за исключением имеющих расхождений в толковании средней ее части⁽¹⁻¹¹⁾. Все исследования, относящиеся к средней части диаграммы, проводились на литых сплавах. Получить деформированные образцы из хрупких интерметаллических фаз, насколько нам известно, до сих пор никому не удавалось.

Систематических исследований, посвященных изучению механических свойств алюминиево-магниевого сплава во всем интервале концентраций, пока опубликовано не было. Причиной этого, очевидно, являлась хрупкость интерметаллических фаз, образующихся в средней части диаграммы. К настоящему времени опубликованы лишь данные о ходе твердости этих сплавов при 300°С⁽⁷⁾ и об изменении модуля упругости при комнатной температуре⁽¹²⁾.

Данная работа преследовала две основные цели:

1) Выяснение возможности получения деформированных образцов из сплавов в средней части диаграммы Al—Mg.

2) Систематическое изучение некоторых механических свойств этих сплавов при различных температурах с целью построения диаграмм состав—свойство.

Исследование проводилось на 25 составах сплавов, располагающихся главным образом в пределах области существования интерметаллических фаз. Отливка, приготовление и химический анализ образцов производились по методикам, разработанным для алюминиево-магневых сплавов. В качестве способа деформации было выбрано продавливание литых образцов через цилиндрическое очко стальной матрицы.

В результате проведения большого числа опытов было установлено, что хрупкие при комнатной температуре сплавы (интерметаллические фазы β и γ), будучи поставлены в определенные температурно-скоростные условия деформации, ведут себя как пластичные вещества и позволяют получить деформированные образцы в виде прутков без каких-либо следов разрушения⁽¹³⁾. Важным дополнительным преимуществом деформированных сплавов является их способность приближаться значительно быстрее к состоянию равновесия по сравнению с литыми сплавами (3 суток вместо 20 и более).

Из механических свойств изучались: твердость по Бринеллю, микротвердость, давление истечения и способность к медленному осаживанию. Измерения производились при температурах: 20, 200, 300, 350, 400 и 430°С.

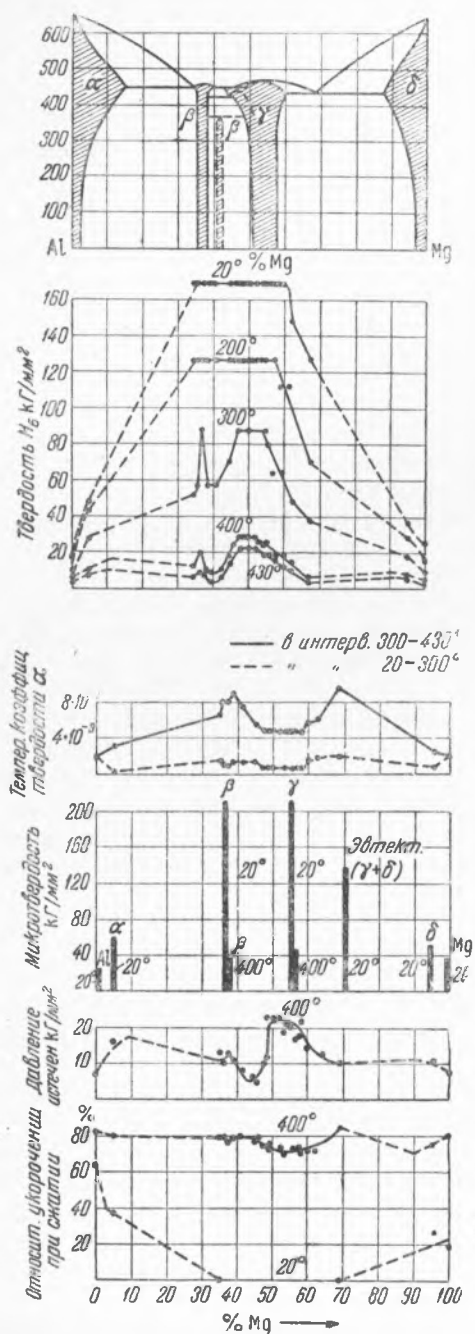


Рис. 1

В ходе изотерм твердости и давления истечения при 300° и выше β -фаза также выделяется повышенными значениями указанных свойств.

Особый интерес представляет поведение сплавов в гетерогенной области между фазами β и γ . Эти сплавы выше 300° сильнее размягчаются и перестают подчиняться правилу аддитивности. В этом

На рис. 1 представлены диаграмма состояния системы Al—Mg по данным Н. С. Курнакова и В. И. Михеевой и полученные нами для деформированных сплавов диаграммы состав — механическое свойство.

При комнатной температуре сплавы в средней части диаграммы (от 35 до 60 весовых % Mg) выделяются своей высокой твердостью и хрупкостью. Так, величина твердости по Бринеллю составляет 170 кг/мм², а способность к осаживанию или какой-либо другой пластической деформации чрезвычайно мала из-за хрупкого разрушения образцов.

В отношении численных показателей механических свойств при комнатной температуре интерметаллические фазы β и γ не различаются между собой.

С повышением температуры выше 200° характеристики прочности сплавов падают (по экспоненциальному закону), а пластичность возрастает. При этом выше 300° проявляется индивидуальная природа каждой из интерметаллических фаз.

При всех температурах сплавы, принадлежащие к области существования γ -фазы, по сравнению с соседними сплавами выделяются своей высокой твердостью и сравнительно большими величинами давления истечения. Каких-либо внутренних превращений с повышением температуры в пределах γ -фазы метод механических испытаний не обнаруживает. Намечается лишь некоторая тенденция повышения твердости и давления истечения в пределах γ -фазы с увеличением содержания алюминия.

В ходе изотерм твердости и

отношении особенно выделяются сплавы от 38,9 до 41,3 вес. % Mg, которые, например при 430°, имеют твердость в 6 раз меньшую твердости γ -фазы при той же температуре. Такое поведение этих сплавов может быть объяснено или, согласно взглядам акад. А. А. Бочвара, особенностями деформирования смесей при высоких температурах⁽¹⁴⁾, или появлением выше 300° какой-то новой пластичной фазы.

В пользу первого предположения свидетельствует наличие у этих сплавов максимума в ходе температурного коэффициента твердости, который по своей величине приближается к максимуму температурного коэффициента твердости эвтектического сплава. Но на основании имеющегося у нас экспериментального материала (микроструктура, рентгеновские данные), который может быть предметом отдельного сообщения, мы склоняемся к точке зрения, что большая пластичность сплавов в деформированном состоянии в пределах от 38,9 до 41,3 вес. % Mg выше 300° объясняется появлением новой фазы.

Фаза β' нами микроструктурно не обнаружена; к тому же, согласно диаграмме состояния, верхний температурный предел ее существования ограничивается 370°, а сплавы ведут себя аномально и выше этой температуры.

Для иллюстрации влияния температуры на механические свойства изученных сплавов в табл. 1 приведены некоторые значения характеристик сопротивляемости сплавов деформации по сравнению с их значениями при комнатной температуре.

Таблица 1

Фазовый состав сплавов	Твердость H_V , кг/мм ²		Микротвердость H_M , кг/мм ²		Давление истечения K кг/мм ²	$\frac{K}{H_V}$
	20°	400°	20°	400°	400°	400°
Алюминий	17	4	26	—	7	1,7
Твердый раствор α (5% Mg) .	47	10	60	—	16	1,6
Фаза β	169	15	236	36	13	0,9
Сплав с 38,9% Mg	169	8	—	—	10	1,4
Фаза γ	169	28	227	43	21	0,75
Эвтектика ($\gamma + \delta$)	127	4	136	—	10	2,4
Твердый раствор δ (95% Mg) .	37,7	9	51	—	11	1,2
Магний	26	5	35	—	7	1,5

При 400° и выше все сплавы алюминия и магния характеризуются высокой пластичностью. Даже сплавы средней части диаграммы выдерживают более 70—80% деформации за один прием при осаживании или прессовании.

Таким образом, наличие в алюминиевых или магниевых сплавах включений интерметаллических фаз, хрупких при комнатной температуре, не может служить препятствием к горячей деформации этих сплавов.

Институт общей и неорганической химии
им. Н. С. Курнакова
Академии наук СССР

Поступило
2 VII 1948

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

¹ G. Grube, Z. anorg. allg. Chemie, 45, 225 (1905). ² W. Broniewsky, Ann. de chim. et de phys., 8, 25 (1912). ³ T. Halstead and D. P. Smith, Trans. Am. Electroch. Soc., 49, 291 (1926). ⁴ D. Hanson and M. Gayler, J. Inst. Met., 24, 201 (1920). ⁵ M. Kawakami, Kinzoku no Kenkyu, 10, 532 (1933). ⁶ F. Laves и M. Moller, Z. Metallkunde, 30, 5, 232 (1938). ⁷ Н. С. Курнаков и В. И. Михеева, Изв. ФХА, 10, 17 (1939). ⁸ Н. С. Курнаков и В. И. Михеева, там же, 10, 37 (1938). ⁹ Н. С. Курнаков и В. И. Михеева, там же, 13, 201 (1940). ¹⁰ Н. С. Курнаков и В. И. Михеева, там же, 13, 201 (1940). ¹¹ Ф. И. Шамрай, Изв. АН СССР, ОХН, № 6 (1947). ¹² W. Köster и K. Rosenthal, Metallkunde, 6, 163 (1940). ¹³ Е. М. Савицкий, М. А. Тылкина и В. В. Барон, Сборн. рефератов н.-и. работ химич. институтов и лабораторий АН СССР за 1944 г., стр. 25. ¹⁴ А. А. Бочвар, Сб. Технология цветных металлов и сплавов, 1947.