

ПРИМЕНЕНИЕ ВОДОРОДА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ЛЕГКИХ СПЛАВОВ С МАЛЫМ ТЕПЛОВЫМ РАСШИРЕНИЕМ

Афанасьев В.К., Попова М.В., Ружило А.А.⁽¹⁾, Ефименко Б.С.⁽¹⁾, Горшенин А.В.⁽²⁾

Сибирский государственный индустриальный университет,
ул. Кирова, 42, Новокузнецк, 654007, Россия,

⁽¹⁾Муниципалитет г. Новокузнецка, ул. Кирова, 85, 654080, Россия,

⁽²⁾Муниципальное пассажирское автотранспортное предприятие МПАТП-4,
ул. Авиаторов, 9, Новокузнецк, 654011, Россия

Известна перспективность применения сплавов системы Al-Si в области создания легких сплавов с малым коэффициентом линейного расширения (КЛР). Главным препятствием для широкого применения сплавов Al-Si с большим содержанием кремния является наличие в их структуре крупных и очень хрупких выделений кремнистой фазы. В связи с этим проведена большая серия работ, где показано, что применение различных способов подготовки шихты, обработки расплава и кристаллизации, увеличивающих содержание водорода, позволяет получить уменьшение количества и размеров выделений кремнистой фазы [1]. Это, в свою очередь, обеспечивает возможность холодной пластической деформации заэвтектических силуминов с большой степенью нагартовки. В связи с установленным существованием тесной связи между величиной КЛР и содержанием водорода проведена разработка высококремнистых сплавов, содержащих водород в качестве легирующего элемента. Для достижения поставленной цели разработан деформируемый сплав на основе алюминия, содержащий кремний, который отличается от всех известных сплавов тем, что он дополнительно содержит водород при следующем соотношении компонентов, мас. %:

кремний 15-20
водород 0,00134-0,00259
алюминий остальное [2].

Введение в состав водорода в заданных пределах (0,00134-0,00259 мас. %), что составляет 15-29 см³/100 г сплава, способствует резкому измельчению первичных выделений кремния и повышает способность сплава к холодной пластической деформации. При пластической деформации часть водорода переходит в алюминий, образуя с ним твердый раствор внедрения, что, в свою очередь приводит к снижению коэффициента линейного расширения и повышению механических свойств сплава. В таблице 1 приведены свойства разработанного и известных сплавов, содержащих магний и медь.

Таблица 1. Химический состав и коэффициент линейного расширения сплавов Al-Si-H

Состав сплава, % (Al- ост.)	$\alpha \cdot 10^6$ град ⁻¹ в интервале температур испытания, °C		
	20- 100	100- 150	150- 200
15 Si – 0,00259 H	13,6	5,9	5,0
17 Si – 0,00193 H	12,5	6,2	5,7
18 Si – 0,00170 H	11,1	4,6	7,2
20 Si – 0,00134 H	10,6	3,3	5,1
20 Si – 0,5 Mg – 2,9Cu	17,2	17,9	18,2
20 Si – 1,8 Mg	16,0	16,9	17,1

Введение в состав сплавов Al-Si-H небольших добавок элементов, которые отличаются высоким сродством к водороду (титана, никеля), обеспечивает большую степень насыщения при наводороживании расплава. В результате при кристаллизации образуются еще более мелкие выделения кремнистой фазы, что обеспечивает, соответственно, еще большую степень пластической деформации.

В таблице 2 приведен химический состав сплава Al-Si-Ti-Ni-H.

Таблица 2. Химический состав разработанных сплавов Al-Si-Ti-Ni-H

№ сплава	Содержание компонентов, мас. % (Al- ост.)			
	Si	Ti	Ni	H
1	14	0,03	0,35	0,00117
2	15	0,4	0,6	0,00207
3	18	0,2	0,8	0,00162
4	20	0,05	0,4	0,00270
5	21	0,6	1,0	0,00324

Окончательные результаты по определению механических свойств и коэффициента линейного расширения показывают, что легирование заэвтектических силуминов водородом совместно с «элементами-насосами» позволяет получить довольно высокие механические свойства в сочетании с малым тепловым расширением (таблица 3) [3].

Таблица 3 – Химический состав, механические свойства и коэффициент линейного расширения сплавов Al-Si- Ti-Ni -H

Состав сплава, % (Al- ост.)	σ_b , МПа	δ , %	$\alpha \cdot 10^6 \text{ град}^{-1}$ в интервале температур испытания, °С		
			20-100	100-150	150-200
14Si-0,3Ti-0,3Ni-0,00117 H	224	2,0	13,7	6,1	5,2
15Si-0,4Ti-0,6Ni-0,00207 H	275	3,6	13,3	5,9	4,9
18Si-0,2Ti-0,8Ni-0,00162 H	290	3,0	11,6	5,9	4,2
20Si-0,5Ti-0,4Ni-0,00270 H	267	3,2	10,7	4,0	4,3
21Si-0,6Ti-1,0Ni-0,00324 H	143	0,9	10,6	3,4	4,1
15÷20Si-0,00134÷0,00259 H	194-241	1,6-2,3	10,6-13,6	3,3-5,9	4,9-5,1

Приведенные результаты позволяют сделать заключение, что холоднодеформированные сплавы Al-Si-H могут стать достойной заменой дорогостоящих спеченных алюминиевых сплавов (САС) [4].

Литература

1. Водород и свойства сплавов алюминия с кремнием./ В.К. Афанасьев, И.Н. Афанасьева, М.В. Попова и др.– Абакан: Хакаское кн. изд-во, 1998.–192 с.
2. А.с. 1085271 СССР, МКИ5, С22С 21/02. Деформируемый сплав на основе алюминия / Афанасьев В.К., Лебедев В.Н., Спрукуль Г.И. и др.– № 3423503/22, заявл. 16.04.82.
3. А.с. 1118073 СССР, МКИ5, С22С 21/02. Сплав на основе алюминия / Афанасьев В.К., Лебедев В.Н., Спрукуль Г.И. и др. – № 3625004/22, заявл. 15.06.83.
4. Спеченные материалы из алюминиевых порошков./ В.Г. Гопиенко, М.Е. Смагоринский, А.А. Григорьев и др.– М.: Металлургия, 1993.– 320 с.