

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НАНОДИСПЕРСНОГО W ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ  
МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ Al-Si СПЛАВОВ**

А.В. Чумаевский<sup>1</sup>, Н.В. Мартюшев<sup>2</sup>

Научный руководитель: ст. препод., к.ф.-м.н. А.П. Зыкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Институт физики прочности и материаловедения СО РАН,

Россия, г.Томск, пр. Академический, 2/4, 634055

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет,

Россия, г.Томск, пр. Ленина, 30, 634050

E-mail: [zykovaap@mail.ru](mailto:zykovaap@mail.ru)

**PROSPECTS OF USING W NANOPOWDERS FOR IMPROVING OF MECHANICAL  
PROPERTIES OF Al-Si ALLOYS**

A.V. Chumaevskii<sup>2</sup>, N.V. Martyushev<sup>1</sup>

Scientific Supervisor: Assist. Prof., PhD. A.P. Zyкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Institute of Strength Physics and Materials Science SB of RAS, Russia, Tomsk, Akademicheskii ave., 2/4, 634055

<sup>2</sup> Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050

E-mail: [zykovaap@mail.ru](mailto:zykovaap@mail.ru)

**Abstract.** *The studies of the mechanical properties of Al-Si alloys subjected to modification by wolfram nanopowder during casting have been undertaken. It has been established that the content of the wolfram nanopowder in the amount of 0.1 mass.% in the melt leads of silumins to an increase of the tensile strength and the impact toughness on average by 40 %, and the relative elongation – 1.5–2 times.*

Актуальность настоящей работы обусловлена тем, что, несмотря на значительные успехи в исследованиях различных ультрадисперсных добавок *d*- и *f*-металлов на рост и размеры дендритов  $\alpha$ -Al, эвтектического Si, Fe-содержащих фаз и механические свойства силуминов [1-7], в литературе отсутствуют данные о влиянии нанодисперсных порошков W на формирование структурно-фазового состояния и механические свойства Al-Si сплавов. Следует отметить, что в литературе имеется достаточно данных о положительном влиянии ультрадисперсных порошков W, а также различных соединений на их основе на механические свойства Fe-C сплавов различной номенклатуры. Кроме того, имеются данные о положительном влиянии лазерного легирования WC поверхностного слоя Al-Si сплава, приводящего к измельчению структурных составляющих приповерхностного слоя и упрочнению за счет частиц карбидов вольфрама WC и W<sub>2</sub>C [8]. Таким образом, целью данной работы являлось исследование влияния добавок нанопорошка W на механические свойства Al-Si сплавов.

Для исследования были выбраны широко используемые сплавы АК7 и АК9. Химический состав исследуемых сплавов приведен в таблице 1. Для модифицирования силуминов использовали нанопорошок W, полученный электровзрывным способом со средним размером частиц 240–380 нм и площадью удельной поверхности 1,7-2,4 м<sup>2</sup>/г. Плавка силуминов осуществлялась в муфельной печи. Модификатор вводился в расплав после очистки поверхности от окислов и шлака. Количество вводимого в расплав силуминов нанопорошка W составляло, масс. %: 0,01; 0,05; 0,1; 0,25; 0,5. Температура расплава

при заливке составляла 800 °С и контролировалась с помощью термомпары. Механические испытания на прочность, пластичность и ударную вязкость проводили по ГОСТ 1497-84 и ГОСТ 9454-78.

Таблица 1

Химический состав сплавов АК7 и АК9

Силумин исходный	Содержание химического элемента, масс. %, остальное – Al						
	Si	Fe	Cu	Mn	Zn	Ti	Mg
АК7	6,0	0,8	1,2	0,4	0,5	0,04	0,19
АК9	8,2	0,6	0,2	0,2	0,02	0,02	0,06

Результаты механических испытаний сплава АК7 и АК9 до и после введения 0,01–0,5 масс. % W представлены на рис. 1.

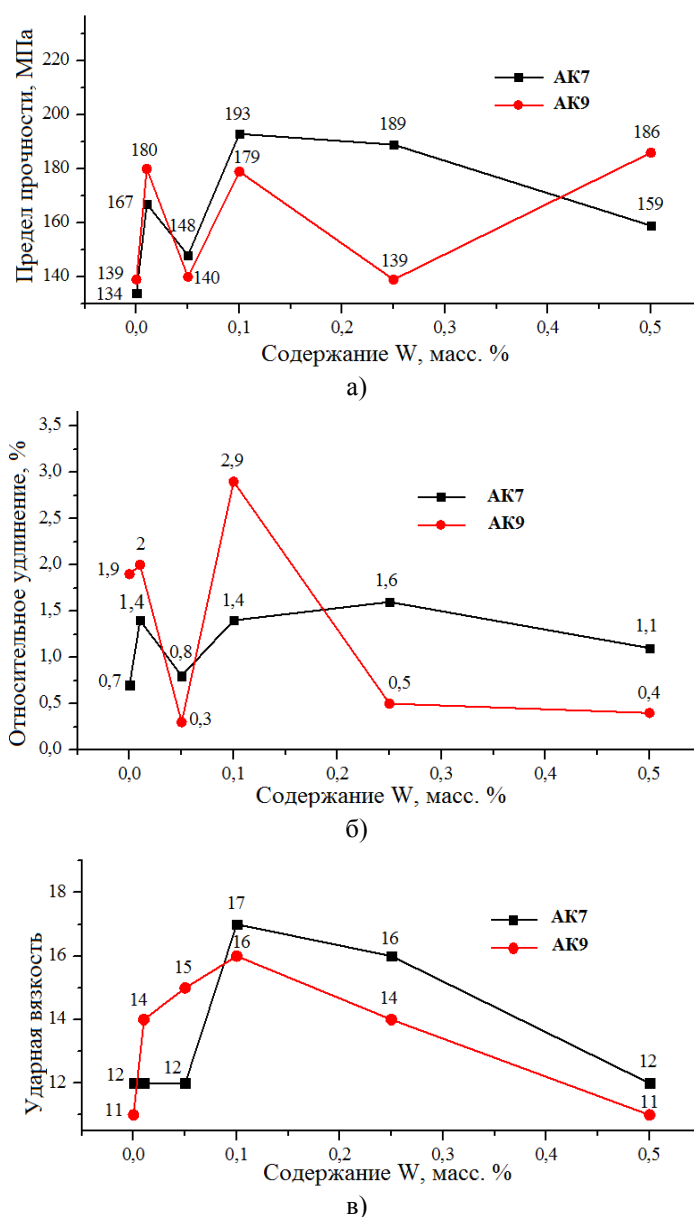


Рис. 1. Зависимости предела прочности (а), относительного удлинения (б), ударной вязкости (в) от содержания W в силуминах АК7 и АК9.

Обработка силуминов нанодисперсным порошком W приводит к повышению механических свойств, особенно предела прочности и ударной вязкости. Из рисунка 1 видно, что для сплавов АК7 и АК9 характер изменения зависимости механических свойств от содержания вольфрама практически идентичен. Введение 0,01 масс. % W в расплав силуминов приводит к повышению предела прочности на 25 % для АК7 и на 29 % для АК9 (рис. 1 а). При этом пластичность сплава АК7 увеличивается в 2 раза, а для сплава АК9 остаётся практически неизменной (рис. 1 б). В то время как для сплава АК7 ударная вязкость при введении 0,01–0,05 масс. % W остаётся неизменной, а для сплава АК12 увеличивается более чем на 30 % (рис. 1 в). Дальнейшее увеличение содержания W в силуминах приводит к неоднозначному влиянию. Оптимальным является добавка в количестве 0,1 масс. % W введение которой приводит к наибольшему значению механических свойств для сплавов АК7 и АК9 (рис. 1). При содержании 0,1 масс. %, а относительного удлинения в 1,5–2 раза.

Таким образом, в работе исследовано влияние нанодисперсного порошка W на механические свойства силуминов АК7 и АК9. Показано, что с увеличением содержания W до 0,1 масс. % происходит повышение механических свойств, а после введения 0,5 масс. % наблюдается их снижение. Установлено, что введение в расплав силуминов 0,1 масс. % W является оптимальным соотношением, так как происходит повышение предела прочности и ударной вязкости в среднем на 40 %, а относительного удлинения в 1,5–2 раза.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-60146 мол\_а\_дж.*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zeren M., Karakulak E. Influence of Ti addition on the microstructure and hardness properties of near-eutectic Al-Si alloys // Journal of Alloys and Compounds. – 2008. – Vol. 450. – P. 255–259.
2. Волочко А.Т. Модифицирование эвтектических и первичных частиц кремния в силуминах. Перспективы развития // Литье и металлургия. – 2015. – Т. 81. – № 4. – С. 38–45.
3. Eidhed W. Modification of  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi Compound in Recycled Al-Si-Fe Cast Alloy by Using Sr, Mg and Cr Additions // Journal Materials Science and Technology. – 2008. – Vol. 24. – No.1. – P. 45–47.
4. Qian Z., Liu X., Zhao D., Zhang G. Effects of trace Mn addition on the elevated temperature tensile strength and microstructure of a low-iron Al-Si piston alloy // Materials Letters. – 2008. – Vol. 62. – P. 2146–2149.
5. Yuansheng R., Hong Y., Zhi H. Modification of eutectic silicon and  $\beta$ -Al<sub>5</sub>FeSi phases in as-cast ADC12 alloys by using samarium addition. // Journal Rare Earths. – 2013. – Vol. 31. – No. 9. – P. 916–922.
6. Li J.H., Wang X.D., Ludwig T.H., Tsunekawa Y., Arnberg L., Jiang J.Z., Schumacher P. Modification of eutectic Si in Al-Si alloys with Eu addition // Acta Materialia. – 2015. – Vol. 84. – P.153–163.
7. Xin H., Hong Y. Effect of Trace La Addition on the Microstructure and Mechanical Property of As-cast ADC12 Al-Alloy // Journal of Wuhan University of Technology-Materials Science Education – 2013. – Vol. 28. – No. 1. – P. 202–205.
8. Сорокин Л.М., Ефименко Л.П., Калмыков А.Е., Смолин Ю.И. Электронно-микроскопическое исследование поверхностного слоя сплава алюминий-кремний после лазерного легирования карбидом вольфрама // Физика твердого тела. – 2004. – Т. 46. – №5. – С. 953–958.