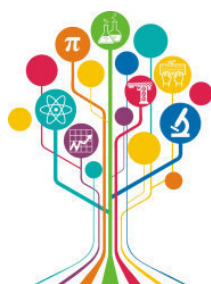


МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ НАУК

Том 2. Химия

Сборник научных трудов
XVIII Международной конференции студентов, аспирантов
и молодых ученых
27–30 апреля 2021 г.

PROSPECTS OF FUNDAMENTAL SCIENCES DEVELOPMENT

Volume 2. Chemistry

Abstracts

XVIII International Conference of students, graduate students
and young scientists
April 27–30, 2021



Томск 2021

УДК 67.017

**МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МАГНИЕВОГО СПЛАВА МЛ12, УПРОЧНЁННОГО
НАНОЧАСТИЦАМИ AlN**Н.И. Кахидзе, В.Д. Валихов, М.А. Селиховкин

Научный руководитель: профессор, д.ф.-м.н. А. Б. Ворожцов

Национальный исследовательский Томский государственный университет,

Россия, г. Томск, пр. Ленина, 36, 634050

E-mail: kakhidze.n@vandex.ru**MECHANICAL CHARACTERISTICS OF MAGNESIUM ALLOY MAG4 HARDENED WITH AlN
NANOPARTICLES**N.I. Kakhidze, V.D. Valikhov, M.A. Selikhovkin

Scientific Supervisor: Prof., Dr. A.B. Vorozhtsov

Tomsk State University, Russia, Tomsk, Lenin str., 36, 634050

E-mail: kakhidze.n@vandex.ru

Abstract. *This work describes the preparation of a magnesium alloy reinforced with aluminum nitride nanoparticles. The effect of different concentrations of AlN nanoparticles on the deformation behavior during tension of a magnesium alloy of the MAG4 grade at a strain rate of 0.001 s^{-1} is investigated.*

Введение. Актуальное направление транспортостроения — снижение общего веса конструкций, что обеспечивает повышение энергоэффективности. Сплавы на основе магния обладают малой плотностью и высокими показателями удельной прочности, что делает магниевые сплавы перспективным конструкционным материалом [1]. При этом, для расширения сфер применения магниевых сплавов необходимо решить ряд задач, одна из которых — повышение их механических свойств. В металлургии активно развивается направление дисперсного упрочнения лёгких сплавов высокомолекулярными частицами, что приводит к повышению механических свойств получаемых сплавов [2]. По механизму Орована [3] упрочняющие частицы становятся преградами движению дислокаций в материале; данный эффект тем выше, чем мельче упрочняющие частицы и равномернее их распределение по объёму сплава. Цель работы: исследование влияния различных концентраций наночастиц нитрида алюминия (AlN) на механические характеристики магниевого сплава МЛ12.

Экспериментальная часть. В качестве исходного материала был использован промышленный магниевый сплав МЛ12 (Mg (93.58–95.4 %), Zn (4–5 %), Zr (0.6–1.1 %) и др.), в качестве упрочняющих частиц — наночастицы AlN, являющиеся перспективным модификатором структуры и потенциальной армирующей фазой магниевых сплавов за счёт высоких параметров твёрдости, теплопроводности и низкого значения коэффициента теплового линейного расширения [4]. Для решения проблем агломерации и флотации наночастиц в расплаве были изготовлены лигатуры следующим образом. Деагломерированная смесь [5] наночастиц AlN и микроразмерного порошка магния марки МПФ-4 в соотношении 5:95 мас. % помещалась в магниевую трубку и подвергалась ударно-волновому компактированию [6] в лигатуры.

Сплавы для исследований были получены методом литья в стальной кокиль при температуре 710 °С. Лигатуры с наночастицами AlN вводились в расплав в зону воздействия механического смесителя; при разливке расплава в кокиль, установленный на вибрационном столе, что в свою очередь способствует дегазации расплава. Для определения зависимости механических характеристик магниевого сплава МЛ12 от концентрации наночастиц AlN были получены партии сплавов, содержащие 0/0.1/0.3/0.5/1 мас. % AlN. Перед проведением экспериментальных исследований проводился отжиг полученных сплавов при температуре 300 °С в течении одного часа для гомогенизации структуры и снятия литейных напряжений.

Образцы для растяжения были получены методом электроэрозионной резки, что исключало влияние локального перегрева в результате исследования. Испытания на одноосное растяжение стандартных плоских образцов производили на испытательной сервогидравлической машине Instron 40/50-20 при скорости деформации 0.001 с⁻¹.

Результаты. Деформационные кривые, полученные в результате испытаний на растяжения исследуемых сплавов, представлены на рисунке 1.

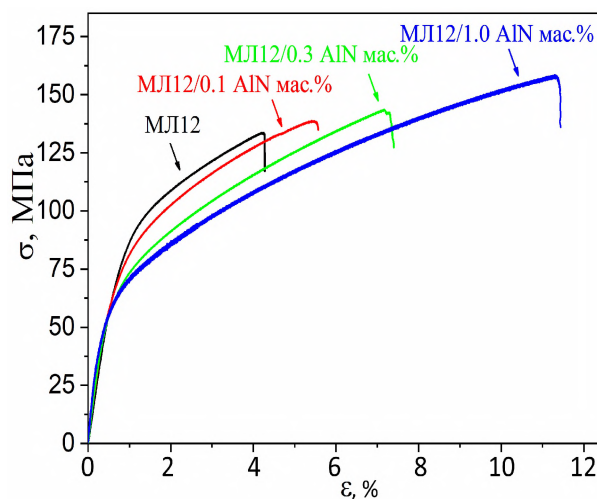


Рис. 1. Диаграммы нагружения исследуемых сплавов МЛ12 + 0/0.1/0.3/1 мас. % AlN

Механические характеристики исследуемых сплавов, полученные при анализе диаграмм растяжения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Механические характеристики исследуемых сплавов МЛ12 + 0/0.1/0.3/0.5/1 мас. % AlN

Кон-ция AlN, мас. %	$\sigma_{0.2}$, МПа	σ_B , МПа	ϵ , %
0	79 ± 8	134 ± 12	4.2 ± 1.07
0.1	70 ± 7	138 ± 13	5.6 ± 0.97
0.3	58 ± 6	143 ± 13	7.3 ± 0.80
0.5	68 ± 8	139 ± 10	5.1 ± 1.23
1	57 ± 6	158 ± 14	11.4 ± 1.50

Обнаружено, что у исходного сплава МЛ12 (без частиц) механические свойства представлены следующими значениями: предел текучести 79 МПа, предел прочности 134 МПа и максимальная

деформация до разрушения 4.2 %. При введении 0.1 и 0.3 мас. % AlN значения предела текучести составили 70 и 58 МПа, предела прочности 138 и 143 МПа и максимальных деформаций до разрушения 5.6 и 7.3 % соответственно. При введении 0.5 и 1 мас. % AlN значения предела текучести составили 68 и 57 МПа, предела прочности 139 и 158 МПа и максимальных деформаций до разрушения 5.1 и 11.4 % соответственно.

Закключение. В результате проведенных исследований по растяжению исследуемых магниевых сплавов МЛ12, содержащих 0/0.1/0.3/0.5/1 мас. % AlN была выявлена зависимость изменения механических свойств от концентрации частиц нитрида алюминия: значения условного предела текучести с увеличением концентрации частиц уменьшаются, значения предела прочности и максимальных деформаций до разрушения увеличиваются.

Результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № 0721-2020-0028.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Katsarou L., Mounib M., Lefebvre W., Vorozhtsov S., Pavese M., Badini C., Molina-Aldareguia J.M., Cepeda Jimenez C., Pérez Prado M. T., Dieringa H. Microstructure, mechanical properties and creep of magnesium alloy Elektron21 reinforced with AlN nanoparticles by ultrasound-assisted stirring // *Mat. Sci. Eng: A.* – 2016. – V. 659. – P. 84–92.
2. Vorozhtsov S., Minkov L., Dammer V., Khrustalyov A., Zhukov I., Promakhov V., Vorozhtsov A., Khmeleva M. Ex situ introduction and distribution of nonmetallic particles in aluminum melt: modeling and experiment // *JOM.* – 2017. – V. 69., № 12. – P. 2653–2657.
3. Zhang, Z., Chen, D. L. Contribution of Orowan strengthening effect in particulate-reinforced metal matrix nanocomposites // *Mat. Sci. Eng: A.* – 2008. – 585 p.
4. Wahab M.N., Daud A.R., Ghazali M.J., *Mech Int. J.* Preparation and charaction of stir cast-aluminum nitride reinforced aluminum metal matrix comp // *IJME.* – Switzerland : Springer, 2009. – № 4. – P. 115–117.
5. Хрусталев А. П. Исследование физико-механических свойств дисперсно-упрочненных композитов на основе алюминия и магния: автореф. Дисс.... канд. физ.-мат. наук – Томск, 2019. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000660083>
6. Кахидзе Н. И., Хрусталёв А. П., Жуков И. А., Ворожцов А. Б. Исследование структуры, физико-механических свойств и характера разрушений при статическом и малоцикловом нагружении технически чистого алюминия, модифицированного наночастицами Al₂O₃ // *Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики: материалы IX Всероссийской конференции, 18–20 ноября 2019, Томск.* – Томск : Красное знамя, 2020. – С. 139–142.