

ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ TiO_2 НА МИКРОТВЕРДОСТЬ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ AA2024

Махан Х.М.¹, Коновалов С.В.^{1,2}, Панченко И.А.²

¹ Самарский университет, г. Самара, hamid19812020@gmail.com

² Сибирский государственный университет, г. Новокузнецк, konovalov@sibsiu.ru

Ключевые слова: Металлическая матрица, наночастицы, алюминиевый сплав, интерметаллические соединения.

Одним из наиболее сложных аспектов производства прочных, легких и доступных инженерных материалов является достижение высокого отношения прочности к весу, подходящего для использования в транспортных средствах. Алюминиевый сплав (серия 2xxx) является ключевым сплавом, используемым в конструкциях самолетов, где устойчивость к повреждениям является основным критерием проектирования. Магниево-алюминиевые сплавы серии 2xxx обладают повышенной прочностью за счет выделения фаз разрушения Al_2Cu и Al_2CuMg и качественной устойчивостью к развитию усталостных трещин по сравнению с другими алюминиевыми сплавами [1, 2].

В качестве основного металла был выбран алюминиевый сплав AA2024 благодаря его выдающимся свойствам, в том числе низкой плотности, удельной прочности. Металлические нанокомпозиты привлекли значительное внимание исследователей благодаря широкому спектру применений в аэрокосмической промышленности, автомобильных и энергетических технологиях, а также в биомедицинской инженерии за счет их уникальной наноразмерной архитектуры и превосходных механических свойств. В этом исследовании была исследована микротвердость сплава алюминия AA2024 при различной массе наночастиц [3, 4].

В качестве базового материала выбран алюминиевый сплав AA 2024 (92,2 % Al, 0,73 % Si, 0,20 Fe, 5,2 % Cu, 0,50 % Mn, 1,04 % Mg, 0,11 % Zn, 0,01 % Ti, 0,01 % Pb (масс.%)). В качестве армирующих материалов был выбран порошок из наночастиц TiO_2 .

Для получения алюминиевого композита доля нанопорошка в сплаве варьировалась и составляла 0, 2,5, 5,0 и 7,5 масс %.

На рис. 1 видно, что добавление наночастиц оказывает влияние на твердость различных материалов. Средняя твердость образцов с добавлением 2,5% и 5% масс. TiO_2 увеличилась до 120 и 138 HV соответственно по сравнению с образцом без наночастиц, который имел твердость 97 HV. Микротвердость образцов улучшалась с увеличением количества наночастиц, что можно объяснить более равномерным распределением выделений и частиц в микроструктуре, так как после введения наночастиц образуются мельчайшие осадки [5, 6, 7].

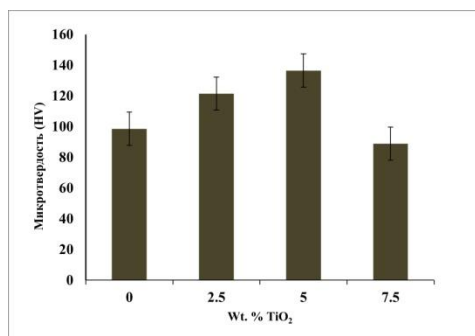


Рисунок 1 – Влияние наночастиц на твердость композита AA2024

Развитие однородных и мелких выделений и интерметаллических соединений (ИМС) создает больше полей деформации, которые взаимодействуют с дислокациями, уменьшая движение дислокаций и, таким образом, повышая твердость образцов. По мере увеличения весового процента оксида титана количество ИМК на основе Al-Ti также увеличивается, и ожидается, что их высокая твердость будет наиболее значительным фактором повышения твердости сплава за счет добавления оксида титана.

Список литературы

1. Andersen S.J., Marioara C.D., Friis J., Wenner S., Holmestad R. Precipitates in aluminum alloys. *Advances in physics*: X, 2018, 3(1), 1479984.
2. Chaudhry, M. A., Ali, L., Ghauri, K. M., & Iqbal, J. (2019). Development and characterization of nanoparticle metal matrix composites:(Al 2024-SiC np). *Materials Research Express*, 2019, 6(9), 095032.
3. Махан М.Х.М, Коновалов С.В., Панченко И.А., Пашкова Д.Д. Исследование свойств и структуры алюмоматричных композитов, армированных частицами TiO_2 : edn: hbkntw. *Ползуновский вестник*, 2022, 2(4).
4. Hmud Ali A., Hamid M. Mahan, and A. S. Jomah. "Effect of Cooling Media and Tempering Temperature on the Mechanical Properties of Reinforcement Steel." *Int. J. Appl. Eng. Res* 13 (2018): 3979-3987.
5. Mahan Hamid M. "Effect of heat treatments on the mechanical properties of welded joints of alloy steel by arc welding." *Diyala journal of engineering sciences* 12.2 (2019): 44-53.
6. Joel J., & Xavior A. Effect of alloying elements on the mechanical behavior of microwave synthesized composites. *Procedia Manufacturing*, 2019, 30, 208-215.
7. Santos S.L.D., Toloczko F.R., Merij A.C., Saito N.H., Silva, D.M.D. Investigation and nanomechanical behavior of the microconstituents of Al-Si-Cu alloy after solution and ageing heat treatments. *Materials Research*, 2021, 24.

THE EFFECT OF TiO_2 NANOPARTICLES ON THE MICROHARDNESS OF ALUMINIUM ALLOYS AA2024

Hamid M. Mahan¹, S.V. Konovalov^{1,2}, Irina Panchenko²

^{1,2}Samara University, Samara, Russia, hamid19812020@mail.com

²Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, Russia

Keywords: Metal matrix, nanoparticles, aluminum alloy, intermetallic compounds.

An aluminum alloy, AA 2024, was reinforced with different mass fractions of titanium dioxide nanoparticles (0%, 2.5%, 5%, and 7.5%) by stir casting, this was followed by a solution treatment at 500°C for 3 h, quenching in water, and aging at 175°C for 3 h. The purpose was to investigate the effect of TiO_2 nanoparticles on the microstructure and mechanical properties of the stir-cast aluminum alloy AA2024. The hardness values in different positions of the composite aluminum were greatly improved compared to the samples without nanoparticles. Furthermore, the distribution of elements within the interior of the grain boundary was homogeneous, which increased the intercrystallite hardness values. The results showed that 5 wt.% of TiO_2 was the optimum fraction to achieve the highest microhardness. The increase in hardness can be attributed to the uniformity of the microstructure and the more even distribution of Al_2CuMg precipitates, which act as strengthening factors in aluminum alloys with nanoparticles. As more titanium particles are added, the formation of Al_2CuMg compounds decreases, and the formation of $\text{Al}_2\text{Ti}_7\text{Cu}$ compounds increases. Consequently, the hardness increases significantly due to the formation of numerous titanium-rich intermetallic compounds.