

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ХИМИКО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ СО РАН
АО «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ ЦЕНТР «АЛТАЙ»
ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ПРОЧНОСТИ И МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЯ СО РАН
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ФАРМАКОЛОГИИ И РЕГЕНЕРАТИВНОЙ МЕДИЦИНЫ
ИМЕНИ Е.Д. ГОЛЬДБЕРГА
ТП «МОДЕЛИРОВАНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ СИСТЕМ»
ТП «МЕДИЦИНА БУДУЩЕГО»
ЯПОНСКОЕ АГЕНСТВО АЭРОКОСМИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ЭДИНБУРГА
ЛИОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ I ИМ. КЛОДА БЕРНАРА
КОМПАНИЯ MACH I, INC.

ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: ДЕМИЛИТАРИЗАЦИЯ, АНТИТЕРРОРИЗМ И ГРАЖДАНСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

Сборник тезисов
XIV Международной конференции «HEMs-2018»
3–5 сентября 2018 года
(г. Томск, Россия)

Томск
Издательский Дом Томского государственного университета
2018

The reported study was funded by RFBR according to the research project № 18-38-00499 and with financial support from the Ministry of Education and Science of the Russian Federation (State assignment No. 11.11223.2018/11.12).

References

- Kablov, Ye. N., Ospennikova, OG & Bazyleva, OA (2011). Materials for highly thermal loaded parts of gas turbine engines. Bulletin of the Moscow State Technical University. NE Bauman. Series “Mechanical Engineering”, (SP2) (in Russian).
- Kablov, Ye. N., Ospennikova, OG & Lomberg, B S (2013). Strategic directions for the development of structural materials and technologies for their processing for aircraft engines of the present and future. Automatic welding, (10–11), 23–32 (in Russian).
- Yang, Y. F., Wang, H. Y., Liang, Y. H., Zhao, R. Y., & Jiang, Q. C. (2007). Fabrication of steel matrix composites locally reinforced with different ratios of TiC/TiB₂ particulates using SHS reactions of Ni–Ti–B₄C and Ni–Ti–B₄C–C systems during casting. *Materials Science and Engineering: A*, 445, 398–404.
- Lü, L., Lai, M. O., Su, Y., Teo, H. L., & Feng, C. F. (2001). In situ TiB₂ reinforced Al alloy composites. *Scripta Materialia*, 45(9), 1017–1023.
- I. Zhukov et al. (2017). Production of powder materials using low temperature plasma and their application. Abstract book of The 6th International Symposium on Energetic Materials and their Applications. 61.
- Turichin, GA, Zemlyakov, EV, Klimova, OG, Babkin, KD, Shamray, FA, & Kolodyazhny, D.Yu. (2015). Kolodyazhny. Direct laser cultivation is a promising additive technology for aircraft engine building. Welding and diagnostics, (3), 54–57 (in Russian).
- Turichin, G., Klimova, O., Zemlyakov, E., Babkin, K., Somonov, V., Shamrai, F., ... & Petrovsky, P. (2015). Technological basis of high-speed direct laser growing of products by the method of heterophase powder metallurgy. Photonics, (4), 68–83 (in Russian).

СТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА АЛЮМИНИЕВОГО СПЛАВА 6082 С ЧАСТИЦАМИ TiB₂, ПОЛУЧЕННОГО КОМБИНИРОВАННОЙ ПРОКАТКОЙ

Хрусталёв А.П.^{1,2}, Мишин И.П.², Найденкин Е.В.^{1,2}, Ворожцов А.Б.¹

¹ Национальный исследовательский Томский государственный университет, г. Томск

² Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск

E-mail: tofik0014@mail.ru

Алюминиевые сплавы, армированные неметаллическими частицами, в настоящее время представляют большой научный и практический интерес благодаря их высокой удельной прочности, твердости, износостойкости и пр. При этом актуальным является использование в качестве матрицы для таких материалов деформируемых алюминиевых сплавов, структура и свойства которых изменяются в результате механической обработки в твердом состоянии. В качестве упрочняющих частиц при этом возможно использование различных неметаллических соединений: оксидов, карбидов, боридов и др. [1–4]. Наличие дисперсных частиц в металлических материалах может приводить к более быстрому измельчению зеренной структу-

ры при механической обработке и соответствующему повышению прочностных свойств [5, 6]. В тоже время, для сплавов на основе алюминия, такие исследования до настоящего времени практически не проводились. В связи с вышеизложенным, целью настоящей работы являлось исследование влияния деформационной обработки комбинированной прокаткой на структуру и механические свойства деформируемого алюминиевого сплава с частицами диборида титана (TiB_2).

Для исследований в качестве материала основы был использован деформируемый алюминиевый сплав 6082 (зарубежный аналог отечественного сплава АД35), а в качестве упрочнителей – частицы TiB_2 размером 5–20 мкм (1 вес.%), полученные методом самораспространяющегося высокотемпературного синтеза. Деформационную обработку осуществляли путем комбинированной винтовой и ручьевого прокатки при температуре 420 °С. Исходную заготовку диаметром 25 мм сначала прокатывали на министане поперечно-винтовой прокатки «14-40» до диаметра 17 мм, затем на прокатном стане с ручьевыми вальцами квадратного сечения. В результате такой обработки получали прутки с поперечным сечением $8,5 \times 8,5 \text{ мм}^2$ и суммарным коэффициентом вытяжки $k = 6,8$.

Изучение структуры полученного сплава после литья показал, что введение частиц диборида титана приводит к уменьшению среднего размера зерен с 900 до 350 мкм (рис. 1). При этом последующая деформационная обработка позволяет снизить еще более в чем в два раза размер зерна сплава содержащего частицы. Проведенные механические испытания на растяжение показали, что наличие частиц не приводит к существенному увеличению предела прочности и пластичности сплава в литом состоянии. При этом указанная выше деформационная обработка позволяет в значительной мере повысить механические свойства сплава, упрочненного частицами TiB_2 . Так микротвердость сплава с частицами после такого воздействия возрастает с 70 до 92 HV.

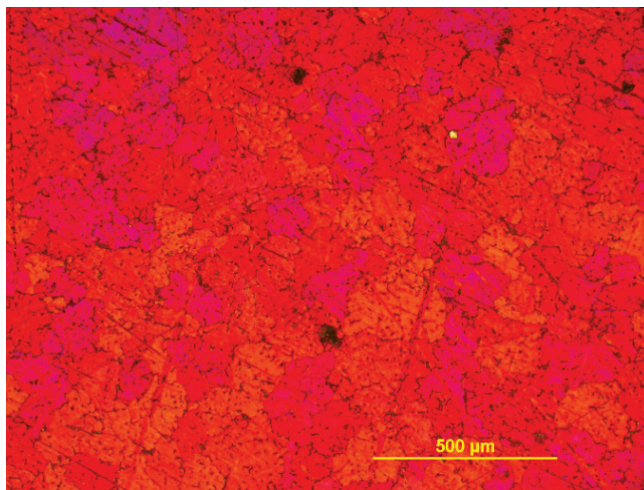


Рис. 1. Микроструктура сплава 6082- TiB_2

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-13-01252).

Литература

1. Choi H., Jones M., Konishi H., Li X. // Metallurgical and Materials Transactions. 2012. V. 43A. P. 738–746.
2. Liao J., Tan M. J. // Powder technology. 2011. V. 208. № 1. P. 42–48.
3. Junwen Li, Tadashi Momono, Yoshinori Tayu, Ying Fu. // Materials letters. 2008. № 62. P. 4152–4154.
4. Калинина Н.Е., Кавац О.А., Калинин В.Т. // Авиационно-космическая техника и технология. 2010. № 4. С. 17–20.
5. Alexandrov I.V., Zhu Y.T., Lowe T.C., Islamgaliev R.K., Valiev R.Z. // Nanostructured Materials. 1998. V. 10. P. 45.
6. Naydenkin E., Mishin I., Khrustalyov A., Vorozhtsov S., Vorozhtsov A. // Metals. 2017. V. 544. № 7. P. 1–7.

STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF THE ALUMINUM ALLOY 6082 WITH TiB₂ PARTICLES OBTAINED BY COMBINED ROLLING

Khrustalyov A.P.^{1,2}, Mishin I.P.², Naydenkin E.V.^{1,2}, Vorozhtsov A.B.¹

¹ *National Research Tomsk State University, Tomsk*

² *Institute of Strength Physics and Materials Science of the Siberian Branch
of the Russian Academy of Sciences, Tomsk*

E-mail: tofik0014@mail.ru

Aluminum alloys reinforced with non-metallic particles are now of great scientific and practical significance due to their high strength, hardness, wear resistance, etc. At the same time, it is actual to use as a matrix for such materials deformation aluminum alloys whose structure and properties change as a result machining in a solid state. As hardening particles, it is possible to use various nonmetallic compounds: oxides, carbides, borides, etc. [1–4]. The presence of dispersed particles in metallic materials can lead to a faster grinding of the grain structure during machining and a corresponding increase in strength properties [5, 6]. At the same time, for aluminum-based alloys, such studies have not been carried out to date. In connection with the foregoing, the purpose of this work was to study the effect of deforming treatment by combined rolling on the structure and mechanical properties of a deformable aluminum alloy with titanium diboride (TiB₂) particles.

The deformable aluminum alloy 6082 (a foreign analogue of the domestic AD35 alloy) was used as the base material, and TiB₂ particles 5–20 μm in size (1 wt.%) , obtained by self-propagating high-temperature synthesis, served as hardeners. Deformation processing was carried out by combined screw and stream rolling at a temperature of 420 °C. The initial preform with a diameter of 25 mm was first rolled on a “mini mill” of cross-helical rolling “14-40” to a diameter of 17 mm, then in a rolling mill with square-shaped rollers. As a result of this treatment, rods with a cross-section of 8.5 × 8.5 mm² and a total drawing coefficient of $k = 6.8$ were obtained.

A study of the structure of the obtained alloy showed that the introduction of particles of titanium boride leads to a decrease in the grain size from 900 to 350 μm . In this case, the deformation treatment allows reducing even more than twice the grain size of the alloy containing the particle. Mechanical tensile tests have shown that the presence of particles in the alloy does not lead to a significant increase in the strength and ductility. At the same time, this deformation treatment significantly improves the mechanical properties of the aluminum alloy reinforced with TiB_2 particles. So the microhardness of the alloy increases after this effect from 70 to 92 HV.

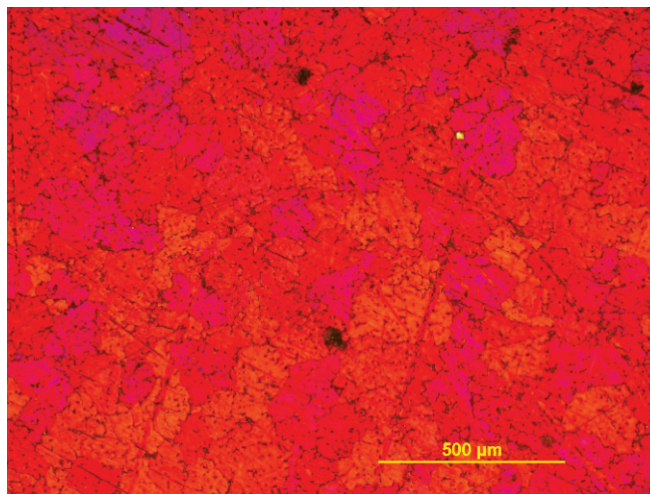


Fig. 1. Microstructure 6082- TiB_2 alloy

The research was performed at the financial support of grant of Russian Science Foundation (project No. 17-13-01252).

References

- 1 Choi H., Jones M., Konishi H., Li X. (2012). Effect of combined addition of Cu and aluminum oxide nanoparticles on mechanical properties and microstructure of Al-7Si-0.3 Mg alloy. *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 43A, pp. 738–746.
2. Liao J., Tan M. J. (2011). Mixing of carbon nanotubes (CNTs) and aluminum powder for powder metallurgy use. *Powder technology*, vol. 208, no. 1, pp. 42–48.
3. Junwen Li, Tadashi Momono, Yoshinori Tayu, Ying Fu. (2008). Application of ultrasonic treating to degassing of metal ingots. *Materials letters*, no. 62, pp. 4152–4154.
4. Kalinina N.E., Kvac O.A., Kalinin V.T. (2010). Povyshenie tekhnologicheskikh svojstv litejnyh aluminievyyh splavov pri modifitsirovanii nanodispersnymi chastitsami. *Aviacionno-kosmicheskaya tekhnika i tekhnologiya*, no. 4, pp. 17–20.
5. Alexandrov I.V., Zhu Y.T., Lowe T.C., Islamgaliev R.K., Valiev R.Z. (1998). Consolidation of nanometer sized powders using severe plastic torsional straining. *Nanostructured Materials*, vol. 10, pp. 45.
6. Naydenkin E., Mishin I., Khrustalyov A., Vorozhtsov S., Vorozhtsov A. (2017). The influence of combined helical and pass rolling on structure and residual porosity of an AA6082-0.2 wt% Al_2O_3 composite produced by casting with ultrasonic processing. *Metals*, vol. 544, no. 7, pp. 1–7.