

УДК 662.74

МЕХАНИЧЕСКИЕ И ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ УНМ/AlSn₂₀Cu¹

© В.М. Васюков, Е.Ю. Исаева, А.В. Колмаков, Р.А. Столяров,
К.В. Тихомирова, А.Г. Ткачев, А.В. Шуклинов

Ключевые слова: углеродные нанотрубки, нанокomпозиты, алюминиевые сплавы, нанотрибология, наноиндентирование, антифрикционные покрытия.

Проведены механические и трибологические исследования, модифицированного углеродными нанотрубками сплава АО20-1 (AlSn₂₀Cu, ГОСТ 14113-78). Обнаружено увеличение твердости на 10–60 %, модуля упругости на ~10–20 % и уменьшение коэффициента трения на 25 % в приповерхностном модифицированном слое глубиной < 1 мкм.

В работах [1–3] обнаружено увеличение твердости и модуля упругости нанокomпозитов, полученных с использованием углеродных нанотрубок. Размерные эффекты при переходе в наномасштаб могут обеспечить улучшение прочностных и функциональных характеристик материалов на десятки – сотни процентов. В этой

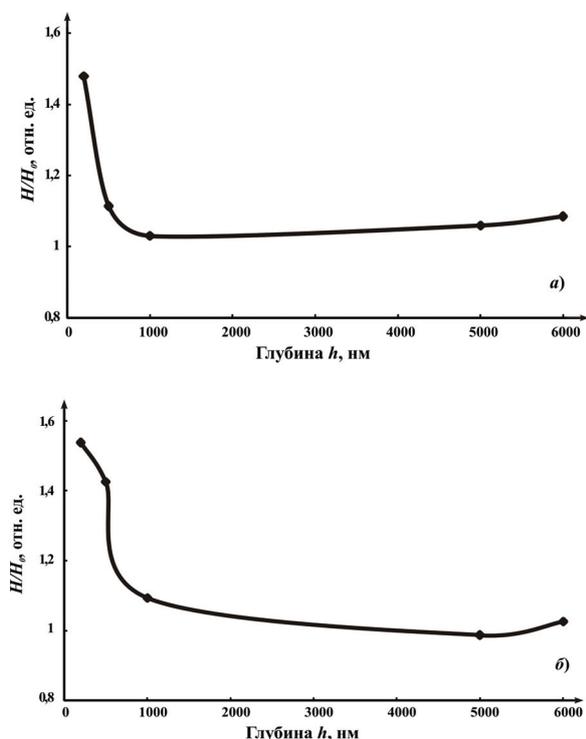


Рис. 1. Зависимость H/H_0 от расстояния до поверхности, где H и H_0 значение твердости модифицированного и немодифицированного сплава АО20-1: а) 25 % обжатия; б) 50 % обжатия

¹ Работа выполнялась при частичной поддержке РФФИ, гранты №07-02-00906а, №06-08-01433а и приоритетной национальной программы «Образование».

связи является оправданным использование углеродных нанотрубок для модифицирования поверхности и приповерхностных слоев антифрикционных материалов [4].

Для модифицирования поверхности сплава АО20-1 применяли УНМ «ТАУНИТ» производства инновационного центра ТГУ на базе ОАО «Гамбовский завод 'Комсомолец'». Он представляет собой агломераты размером от 1–1000 мкм, состоящие из протяженных углеродных наноразмерных волокон, многостенных и одностенных нанотрубок, фуллеренов и аморфного углерода. Содержание многостенных нанотрубок в нем достигает 95–98 %. Модификацию поверхности осуществляли прокаткой. Степень обжатия за один проход составляла 25 %, а скорость движения заготовок в прокатном стане – 0,5 м/с. Более подробно методика модифицирования поверхности и приповерхностных слоев антифрикционного сплава АО20-1 (AlSn₂₀Cu, ГОСТ 14113-78), а также структура УНМ «ТАУНИТА» рассмотрена в работе [5].

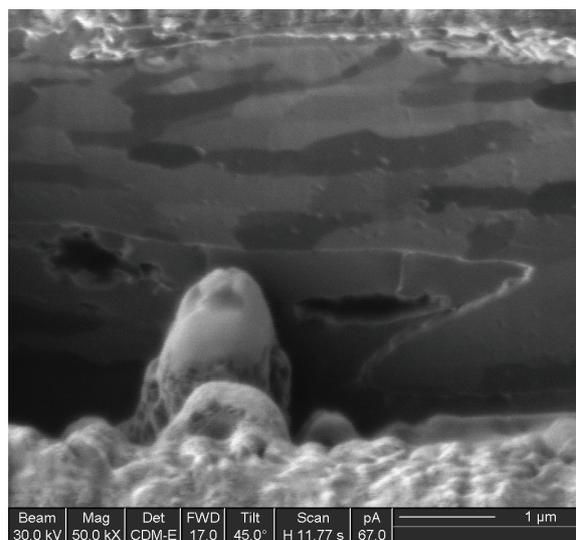


Рис. 2. Зернистая структура приповерхностных слоев сплава АО20-1 после прокатки, выявленная травлением ионным пучком

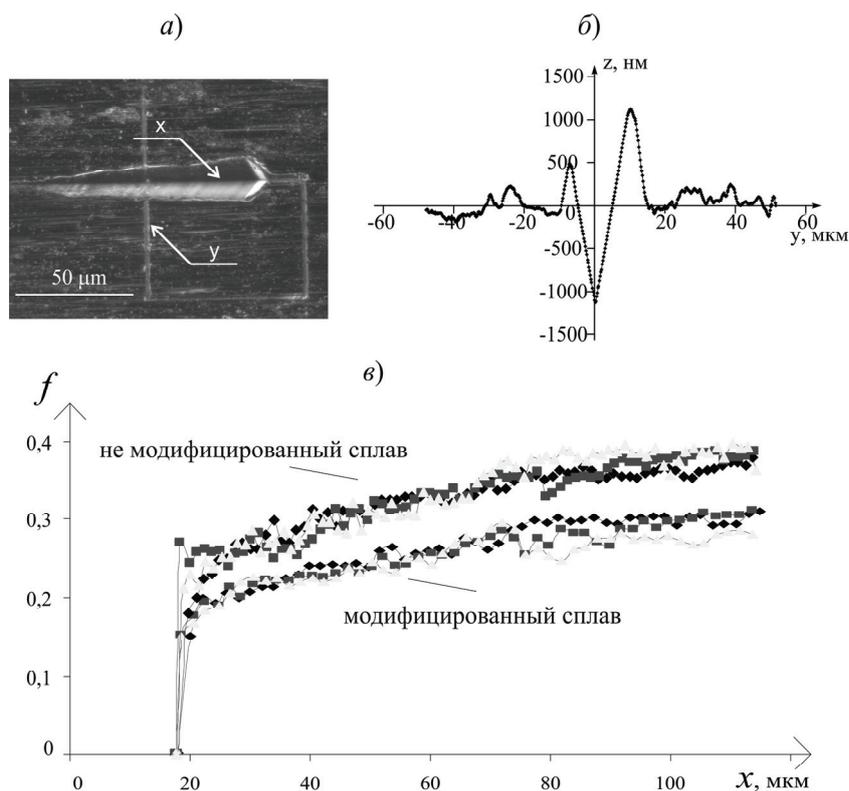


Рис. 3. Результат трибологических испытаний: а) внешний вид царапины на образце (темное поле); б) поперечный профиль царапины; в) зависимости коэффициента трения от длины царапины

Механические и трибологические испытания модифицированных образцов проводились на наноиндентометре G 200 американской фирмы MTS.

Проведенные механические испытания представлены на рис. 1, 2.

Они выявили увеличение твердости на 10–60 %, модуля упругости на ~ 10–20 % в приповерхностном слое глубиной до 1 мкм. Размерный эффект при переходе в наномасштаб, связанный с увеличением механических свойств, можно объяснить используя модель Холла-Петча, поскольку поперечный размер зерен, находящихся в приповерхностных слоях до 1 мкм, лежит в диапазоне от ~50 до ~500 нм (рис. 2).

При проведении трибологических испытаний модифицированных и немодифицированных нанотрубками образцов записывалась латеральная сила, действующая на индентор, которая впоследствии пересчитывалась в коэффициент трения f (рис. 3).

В результате модифицирования поверхности образцов нанотрубками коэффициент трения уменьшился на ~ 25 %.

Таким образом, проведенная работа показывает, что модифицирование алюминиевых сплавов углеродными наноструктурами является инновационной перспективной методикой создания наноконпозиционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Sheng-ming Zhou, Xiao-bin Zhang, Zhi-peng Ding, Chun-yan Min, Guo-liang Xu, Wen-ming Zhu. Fabrication and tribological properties of carbon nanotubes reinforced Al composites prepared by pressureless infiltration technique. *Composites: Part A* 38, 2007. P. 301–306.
2. Amal M.K. Esawi, Mostafa A. El Borady. Carbon nanotube-reinforced aluminium strips // *Composites Science and Technology*, 2007.

3. Deng C.F., Wang D.Z., Zhang X.X., Li A.B. Processing and properties of carbon nanotubes reinforced aluminum composites // *Materials Science and Engineering*, 2007. A 444. P. 138–145.
4. Ткачев А.Г., Золотухин И.В. Аппаратура и методы синтеза твердотельных наноструктур. М.: Машиностроение – 1, 2007. 316 с.
5. Васюков В.М., Исаева Е.Ю., Колмаков А.В., Столярков Р.А., Тихомирова К.В., Ткачев А.Г., Шуклинов А.В. // *Вестн. Тамб. ун-та. Сер. Естеств. и техн. науки*. 2008. Т. 13. Вып. 5.

Поступила в редакцию 16 ноября 2008 г.

Vasyukov V.M., Isaeva E.Yu., Kolmakov A.V., Stolyarov R.A., Tikhomirova K.V., Tkachev A.G., Shuklinov A.B. Mechanical and tribological properties of nanocomposite CNT/ AlSn₂₀Cu. The methods of surface modification and undersurface layers of non-ferrous metals by carbon nanotubes were worked out. The nanotubes affects significantly mechanical properties of composites. The maximal increments of hardness, Young's modulus and friction coefficient decrease of the nanocomposite, are 60%, 20% and 25% respectively.

Key words: carbon nanotubes, nanocomposites, aluminum alloy, nanotribology, nanoindentation, antifriction coatings.

LITERATURE

1. Sheng-ming Zhou, Xiao-bin Zhang, Zhi-peng Ding, Chun-yan Min, Guo-liang Xu, Wen-ming Zhu. Fabrication and tribological properties of carbon nanotubes reinforced Al composites prepared by pressureless infiltration technique. *Composites: Part A* 38, 2007. P. 301–306.
2. Amal M.K. Esawi, Mostafa A. El Borady. Carbon nanotube-reinforced aluminium strips // *Composites Science and Technology*, 2007.
3. Deng C.F., Wang D.Z., Zhang X.X., Li A.B. Processing and properties of carbon nanotubes reinforced aluminum composites // *Materials Science and Engineering*, 2007. A 444. P. 138–145.
4. Ткачев А.Г., Золотухин И.В. Инструменты и методы синтеза твердотельных наноструктур. М.: Машиностроение – 1, 2007. 316 с.
5. Vasyukov V.M., Isaeva E.Yu., Kolmakov A.V., Stolyarov R.A., Tikhomirova K.V., Tkachev A.G., Shuklinov A.B. // *Tambov University Review. Series. Nat. and Tech. Sciences. науки*. 2008. V. 13. Issue 5.