

Создание композитных материалов с использованием углеродных коллоидных растворов, получаемых лазерной технологией

**Е. Е. Казилин, С. В. Конкин, О. В. Сеницына, А. Н. Тихонов,
Л. И. Иванов, И. В. Яминский**

Предложен новый метод создания композитных материалов по ранее разработанной лазерной технологии путем их упрочнения собственными частицами, покрытыми нанотонкой углеродной пленкой.

Ключевые слова: лазер, углерод, олово, прочность

The innovative approach for composite production based on hardening of the material by its owned particles with nano-scale carbon coating deposited using formerly developed laser technique has been proposed.

Key words: laser, carbon, tin, strength.

Введение

В представленной работе рассматривается возможность создания нового класса материалов на основе ввода в их жидкую фазу “твердых” образований, частиц жидкой фазы, покрытых нанопленкой, из элементов химически не взаимодействующих с ней и существенно отличающихся по физико-химическим свойствам.

Предполагается, что таким путем можно создать новую технологию производства псевдокомпозиционных материалов различного назначения.

В качестве примера создания таких материалов в представленной работе была выбрана система олово – углерод. Как известно, углерод не взаимодействует с оловом и существенно отличается от него по физико-химическим свойствам.

В первой части работы рассматривается принцип нанесения на частицы олова нанослоев углерода и приводятся данные по строению нанесенных покрытий и их температурной стойкости.

Во второй части работы рассматривается строение материала на основе олова с введенными частицами олова, покрытых нанопленкой углерода.

Приводятся иллюстрированные данные по свойствам созданного материала.

Метод создания углеродных нанопокровов оловянных частиц и исследование изменений их свойств

Нанообразования углерода наносили на поверхность частиц порошка олова при комнатной температуре из его коллоидного раствора в воде, созданного по лазерной технологии, подробно описанной в работе [1, 2].

Порошок олова, имеющий средний размер 6 мкм, смачивали коллоидным раствором углерода и выдерживали в течение нескольких часов при комнатной температуре. В течение этого времени на поверхности оловянных частиц возникали наноструктурные образования различных форм [3] (нити, кластеры, наносферы, нанотрубки и т.д.).

Обработанные таким образом частицы олова нагревали в вакууме до температуры 800°C, что намного выше температуры плавления олова. В результате получали порошок, состоящий из сфероподобных частиц, которые сохраняли свою форму

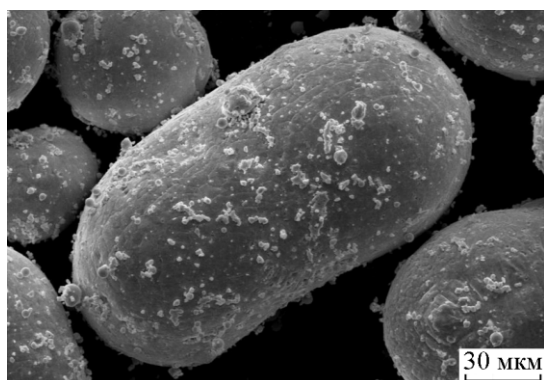


Рис. 1. Структура плавленного порошка олова, смоченного коллоидным раствором углерода после нагрева при 600°C.

до максимальной температуры нагрева (рис. 1), при этом их размеры с температурой нагрева олова увеличивались (табл. 1).

Таблица 1

Размеры порошка олова, обработанного коллоидным раствором углерода, в зависимости от температуры в печи при выдержке 2 ч

Температура, °C	Размер частиц, мкм
Исходный порошок	6
400	25
600	60
800	90

Оптическая и электронная сканирующая микроскопия показали, что сфероподобные частицы покрыты углеродной пленкой очень малой толщины. Об этом можно судить по косвенным данным, например, мгновенном разрушении пленки при включении электронного пучка минимальной мощности (рис. 2). Как показал анализ, наблюдаемые на рис. 2 пятна — следы жидкого олова, проникшего через углеродную пленку.

Атомно-силовая микроскопия (АСМ) поверхности выявила образование на углеродной пленке вздутия, максимальная высота которых ~ 200 нм (рис. 3).

Длинные полосы-складки, вероятнее всего, образовались при охлаждении расплавленных частиц олова, покрытого углеродной пленкой (рис. 2).

Приведенные данные (рис. 2, 3) дают основание предполагать, что возникшая при высоких температурах углеродная пленка, покрывающая частички олова — нанопленка, возможно, принадлежащая к классу графенов [3].

Тот факт, что поверхностная углеродная пленка препятствует слиянию частиц олова при температурах выше температуры ее плавления, говорит о том, что

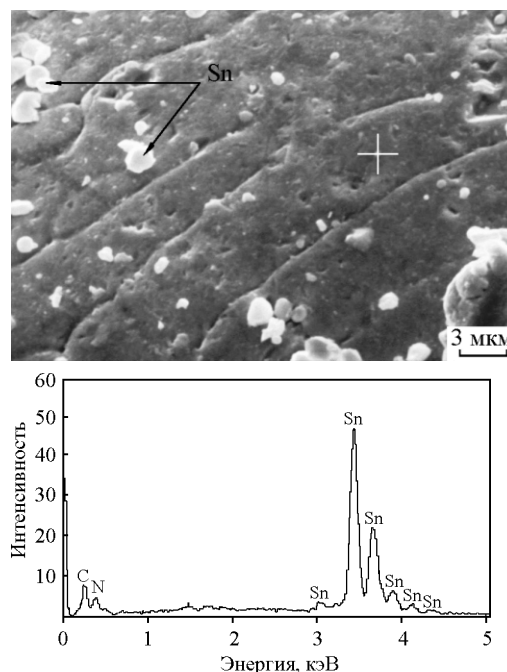


Рис. 2. Структура поверхности расплавленного порошка олова, покрытого углеродной пленкой.

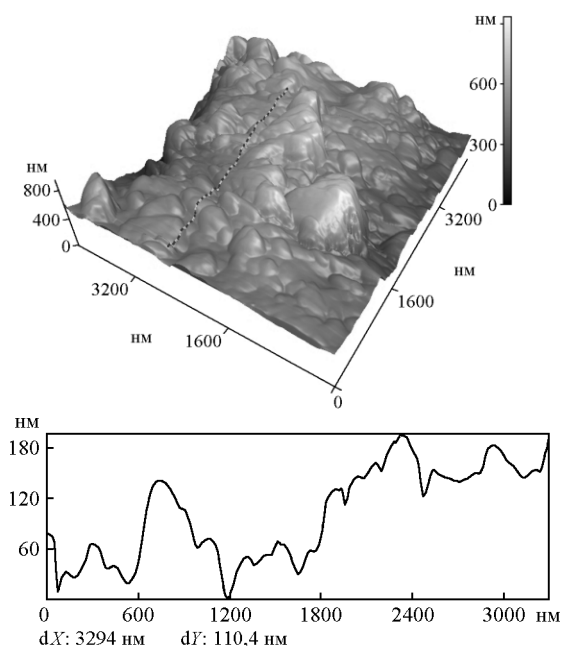


Рис. 3. Структура поверхности углеродной пленки образованной при 600°C АСМ.

полученные макрочастицы (зерна) могут быть упрочняющим фактором для чистого олова.

Далее исследовали взаимодействие полученных углеродных зерен олова с жидким оловом. Порошок этих зерен вводили в олово при температуре 600°C в вакууме.

Таблица 2

Относительное удлинение и прочность олова

Номер образца	Относительное удлинение, %	Предел текучести, МПа	Предел прочности, МПа
1	47,61	6	14
2	61,57	5	11
3	56,39	5	11
4	66,54	5	11

Образец 1 — легированный; образцы 2 — 4 — чистое олово.

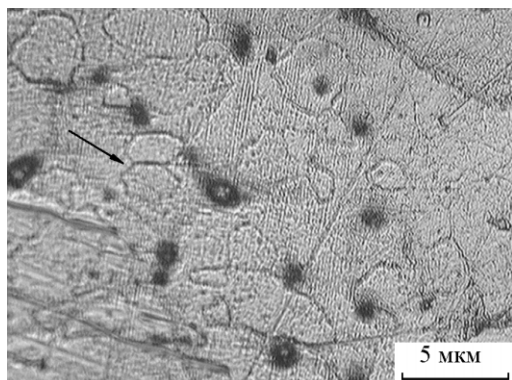


Рис. 4. Структура слитка олова с введенными частицами олова, покрытых углеродной пленкой при 600°C. Шестигранные плоские образования отмечены стрелкой.

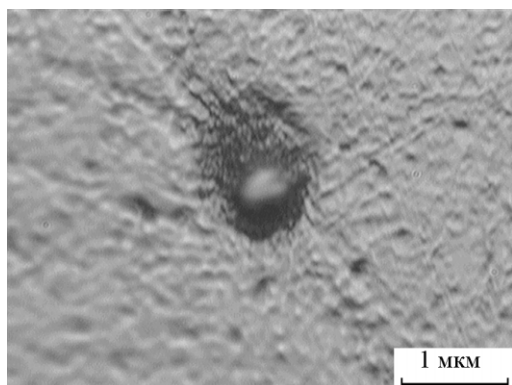


Рис. 5. Структура зоны около частиц олова, покрытой углеродной пленкой.

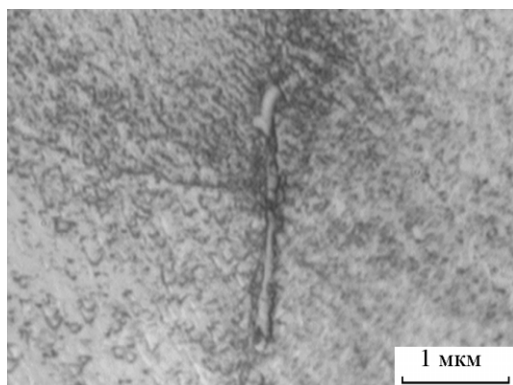


Рис. 6. Образование трубчатого выделения углерода в слитках олова.

Результаты исследований и их обсуждение

В табл. 2 приведены данные по растяжению “чистого” олова и олова, легированного углеродными “зернами” (до ~ 1%). Из таблицы видно, что проч-

ность и относительное удлинение меняются. Легирование чистого олова оловом с углеродом приводит к упрочнению основного материала — олова.

Металлографический анализ структуры полученных слитков показал, что в основном, вводимые частицы сохраняют свою форму (рис. 4), причем, около них образуется тонкая “нитевидная” структура, включающая шестигранные образования, характерные для графенов. Поскольку четкого граничного слоя между частицами покрытых углеродным нанослоем олова нет, то можно предположить (рис. 5), что какая-то часть видимых частиц частично или полностью разрушается, а углерод интегрируется в олово. На это также указывает образование углеродных трубок в плавленном олове (рис. 6). Их внешний диаметр ~ 2000 нм, а длина $> 5 \cdot 10^4$ нм.

Выводы

1. Впервые показано, что создание нанобразований углерода из его коллоидного раствора, на поверхности частиц олова, приводит к блокированию их растекания до температуры 800°C. Следствием этого процесса является образование порошка олова сферической формы, покрытого нанопленкой углерода.

2. Показано, что ввод полученного порошка в жидкое олово при температуре 600°C, приводит к созданию нового типа композитного материала, состоящего из чистого олова и оловянно-углеродных частиц.

Литература

1. Казилин Е.Е., Конкин С.В., Иванов Л.И., Тихонов А.Н. и др. Получение нанотрунктурных образований углерода из его коллоидных водных растворов. Перспективные материалы, 2008, № 6, с. 21 – 25.
2. Патент РФ № 2255836 “Способ изготовления суспензий порошков”, БИ от 10.07.2005 г.
3. Novoselov K.S., Geim A.K., Morozov S.V., Jiang D., Katsnelson M.J., Grigorieva J.V., Dubonos S.V., Firsov A.A. Two-dimensional gas of massless Dirac fermions in graphene. Nature, 2005, no. 438, p. 197 – 200.

Казилин Евгений Евгеньевич — Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, кандидат технических наук, старший научный сотрудник. Специалист в области лазерной физики.

Конкин Сергей Николаевич — Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, аспирант. Специалист в области физики конденсированного состояния.

Сеницына Ольга Валентиновна — Институт элементарно-органических соединений, МГУ им. М.В.Ломоносова, аспирант. Специалист в области физической химии поверхности.

Тихонов Александр Николаевич — Московский институт электроники и математики (Технический университет), доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой. Специалист в области электронной техники.

Иванов Лев Иванович — Институт металлургии и материаловедения им. А.А.Байкова РАН, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник. Специалист в области физики конденсированного состояния. E-mail: levivan@bk.ru.

Яминский И.В. — МГУ им. М.В.Ломоносова, Физический факультет, доктор физико-математических наук, профессор. Специалист в области высокомолекулярных соединений. E-mail: Yamiskiy@nanoscopy.org.