

ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МИКРОРАЗМЕРНЫХ ЧАСТИЦ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ

Ю.А. Брусенцов, И.С. Филатов, И.Г. Проценко

*Кафедра «Материалы и технология», ГОУ ВПО «ТГТУ»;
brusentsov@mail.nnn.tstu.ru*

Представлена членом редколлегии профессором В.И. Коноваловым

Ключевые слова и фразы: метод взрывного испарения; микролегирование; микроразмерные частицы; тугоплавкие металлы.

Аннотация: Рассмотрено получение и применение микроразмерных частиц тугоплавких металлов и сплавов методом взрывного испарения.

В современном машиностроении при уменьшении массогабаритных показателей механизмов и машин особое внимание уделяется качеству конструкционных материалов, их основным прочностным характеристикам. Металлургическое производство при больших объемах выплавки не способно обеспечить высокое качество металла вследствие наличия большого количества неметаллических включений в исходном сырье, что может привести к разрушению деталей и узлов.

В настоящее время многие детали изготавливаются методом порошковой металлургии, что повышает эксплуатационные свойства изделий и позволяет создавать сплавы с уникальными свойствами. Для этой цели современная промышленность выпускает большое количество порошковых материалов.

В связи с этим представляет интерес микролегирование сплавов – введение небольших добавок легирующих элементов для изменения его свойств. Они оказывают значительное влияние на процессы, протекающие в металле, и во многом определяют его фазовый состав, размер структурных составляющих, строение и чистоту границ и приграничных зон и, как следствие, улучшают механические и химические свойства сплавов [1].

Кроме того, микролегирующие элементы реагируют с кислородом, азотом, серой, мышьяком и другими примесями и образуют химические соединения, позволяющие нейтрализовать их отрицательное влияние, что, в конечном результате, сказывается на улучшении структуры и свойств сплава [2].

Роль микроструктурных добавок при легировании металлов проявляется преимущественно в результате их воздействия на твердое состояние металла (образование твердого раствора внедрения или замещения; размер вторичных зерен; дисперсность, форму и распределение неметаллических включений – строение границ и тонкую структуру зерен; снижение отрицательного влияния вредных примесей). Теоретическим обоснованием эффективного влияния малых добавок легирующих элементов на структуру и свойства сталей и сплавов являются положения теории внутренней адсорбции в металлах, согласно которой обогащение

дефектных участков (зон структурной неоднородности) металла некоторыми примесными атомами снижает их избыточную энергию.

На измельчение зерна и микроструктурные изменения существенно влияет микролегирование стали сильными карбонитридообразующими элементами, в основном это хром, вольфрам, ванадий, ниобий, титан. Без микролегирования карбонитридообразующими элементами невозможно достичь оптимального сочетания механических (прочность, хладостойкость, красностойкость), технологических (свариваемость, штампуемость, обрабатываемость) и служебных свойств (конструктивная прочность, надежность, долговечность, износостойкость, снижение веса и т.д.) деталей машин и механизмов, работающих в условиях высоких механических и термических нагрузок.

Влияние малого количества легирующих элементов особенно заметно при изготовлении сплавов с особыми свойствами методом порошковой металлургии. Так, добавление до 0,5 % ниобия в сплав ЮНДКБА повышает магнитные свойства этого сплава [3].

Особенность материалов в микро- и наноразмерном состоянии связана, прежде всего, с их размерами, которые сопоставимы с размерами молекул и атомов. Вследствие малых размеров частиц и связанных с этим их особых свойств материалы, в которых присутствуют такие вещества, приобретают уникальные свойства. Например, добавление в полимерные материалы углерода в наноструктурном состоянии повышает модуль упругости, химическую стойкость и термостабильность [4, 5], а добавление углеродных нанотрубок в бетон повышает его прочность и истираемость [6].

Для микролегирования часто применяют тугоплавкие (W, Ti, V, Cr, Ni, Nb, Zr) и редкоземельные металлы (Ce, La, и др.) и их смеси. Технология получения порошков этих материалов дорогостоящая и трудоемкая из-за их высокой температуры плавления.

Наиболее значимым из вышеперечисленных материалов является вольфрам, добавление которого в сталь повышает ее твердость, износостойкость и жаростойкость. Однако высокая температура плавления и особенности строения заставляют искать ему замену, что ухудшает свойства сплавов.

Одним из методов получения вольфрама в небольших количествах для микролегирования сталей и сплавов является метод взрывного испарения материала при пропускании через него импульса тока [7].

Целью работы является возможность получения тугоплавких материалов методом взрывного испарения при различных параметрах воздействия и изучение их влияния на размер и форму частиц.

Исследуемый материал подключается в цепь разряда конденсаторов различной емкости. Частицы от взрывного испарения осаждаются на монокристаллах соли NaCl, которые впоследствии удаляются растворением в воде.

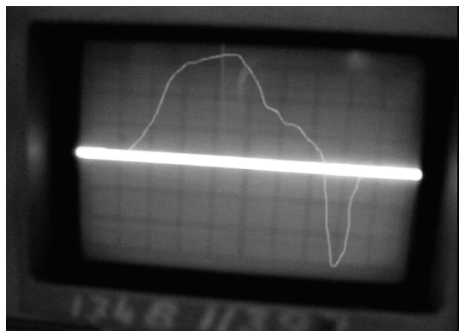


Рис. 1. Импульс тока при прохождении через материал

Для понимания процессов взрывного испарения материала была изучена форма импульса тока с использованием «пояса Роговского» [8, 9] (рис. 1).

Видно, что плавное нарастание тока связано с нагревом материала с последующим процессом разрушения кристаллического строения (следует спад с пологим фронтом). Затем следует увеличение сопротивления, связанное с переходом в расплавленное состояние, и разрыв проводника (обратный ход луча).

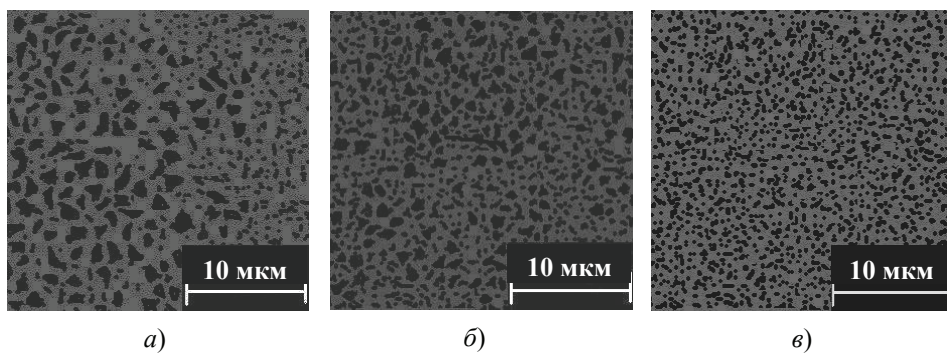


Рис. 2. Частицы металла при напряжении на конденсаторе 55 (а), 100 (б) и 400 (в) В

Форма и размеры частиц исследовались с помощью электронного микроскопа ЭМ 101 А с разрешающей способностью 4 нм.

Результаты опытов показали, что с увеличением напряжения на конденсаторах от 55 до 100 В изменяются форма и размер частиц от 9 до 3 мкм (рис. 2, а, б).

При увеличении напряжения до 400 В изменяется характер процесса – скорость нагрева и разрушения проволоки возрастают. При этом средний размер частиц 0,4 мкм (рис. 2, в).

Таким образом, в работе показано, что методом взрывного испарения можно получить частицы тугоплавких материалов в широком диапазоне размеров и концентраций. Дальнейшие исследования дают основание предположить, что методом взрывного испарения при подборе электрических параметров системы можно получать частицы более мелких размеров, вплоть до наноструктурных, которые будут обладать уникальными свойствами, присущими наноматериалам.

Список литературы

1. Ржевская, С.В. Материаловедение / С.В. Ржевская. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Изд-во Моск. гос. горного ун-та, 2003. – 456 с.
2. Линчевский, Б.В. Металлургия черных металлов / Б.В. Линчевский, А.Л. Соболевский, А.А. Кальменев. – М. : Metallurgia, 1986. – 360 с.
3. Гольдштейн, М.И. Специальные стали / М.И. Гольдштейн, С.В. Грачев, Ю.Г. Векслер. – М. : Metallurgia, 1985. – 408 с.
4. Промышленное производство наноструктурного материала «Таунит» / А.Г. Ткачев [и др.] // Наноиндустрия. – 2007. – № 2. – С. 24–26.
5. Блохин, А.Н. Улучшение свойств эпоксидных композиционных материалов введением в них нанокремнекислота / А.Н. Блохин // Тр. ТГТУ / Тамб. гос. техн. ун-т. – Вып. 20. – С. 10–13.
6. Ладохина, М.Н. Влияние методов диспергирования углеродных наноматериалов на прочность бетонов / М.Н. Ладохина, Е.А. Буракова // Тр. ТГТУ / Тамб. гос. техн. ун-т. – Вып. 20. – С. 35–38.
7. Получение нанопорошков вольфрама методом электрического взрыва проводников / А.П. Ильин [и др.] // Изв. Томского политехн. ун-та. – 2005. – Т. 308, № 4. – С. 68–70.
8. Месяц, Г.А. Формирование наносекундных импульсов высокого напряжения / Г.А. Месяц, А.С. Насибов, В.В. Кремнев. – М. : Энергия, 1970. – 152 с.
9. Физика быстротекущих процессов. В 3 т. Т. 1. / пер. с нем. под ред. Н.А. Златина. – М. : Мир, 1971. – 518 с.

Production and Application of Micro-Size Particles of Hard Metals

Yu.A. Brusentsov, I.S. Filatov, I.G. Protsenko

Department "Materials and Technology", TSTU;
brusentsov@mail.nnn.tstu.ru

Key words and phrases: flash evaporation technique; hard metals; micro-alloying; micro-size particles.

Abstract: The paper studies the production and application of micro-size particles of hard metals and alloys by the flash evaporation technique.

Erhaltung und Benutzung der Mikroteilchen der schwer schmelzbaren Metalle

Zusammenfassung: Es ist die Erhaltung und die Benutzung der Mikroteilchen der schwer schmelzbaren Metalle und Legierungen durch die Methode der Sprengverdunstung betrachtet.

Réception et utilisation des particules de microdimension des matériaux réfractaires

Résumé: Est envisagée la réception et utilisation des particules de microdimension des matériaux réfractaires et des alliages par de l'évaporation d'explosion.

Авторы: *Брусенцов Юрий Анатольевич* – кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Материалы и технология»; *Филатов Иван Сергеевич* – кандидат технических наук, доцент кафедры «Материалы и технология»; *Проценко Илья Григорьевич* – студент группы Р-41, ГОУ ВПО «ТГТУ».

Рецензент: *Федоров Виктор Александрович* – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой общей физики, ГОУ ВПО «ТГУ им. Г.Р. Державина».
