

**ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ЭЛЕКТРОВЗРЫВА МЕДНЫХ ПРОВОДНИКОВ НА
ДИСПЕРСНОСТЬ ПОЛУЧАЕМЫХ НАНОПОРОШКОВ**

С.П. Журавков, к.х.н., с.н.с., А.В. Пустовалов, м.н.с., С.Р. Жантуаров, студент

Институт физики высоких технологий Национального исследовательского

Томского политехнического университета,

634050, г. Томск, пр. Ленина, 30, тел.(3822)-41-69-76

E-mail: zhursp@yandex.ru

В настоящее время наблюдается усиливающийся интерес к исследованию и практическому использованию наноразмерных веществ и материалов различной природы. Как правило, это связано с быстрорастущей потребностью промышленных предприятий различных форм собственности и масштабов производства, в новых материалах и технологиях их получения, позволяющих решать широкий спектр прикладных задач. К таким задачам можно отнести постоянно растущую потребность предприятий реального сектора экономики в разработке новых конструкционных материалов, оборудования, приборов и техпроцессов. Наиболее перспективными в этой связи могут быть вещества и материалы, находящиеся в нанодисперсном состоянии, поскольку именно в этом состоянии проявляются новые свойства, которые не характерны для тех же веществ в массивном состоянии. При этом у нанодисперсных веществ, как правило, повышается химическая активность, снижаются: энергия ионизации, работа выхода электронов, температура спекания, теплота испарения, и другие свойства. Среди множества известных на сегодня наноразмерных объектов нанопорошки металлов и их соединений можно отнести к наиболее перспективным в данной области исследований [1-3]. Область практических применений нанопорошков меди (НП Cu) достаточно широка: в металлургии (добавки НП Cu влияют на прочность и упругость сплавов, в порошковой металлургии использование данных НП Cu позволяет получать новые композиционные материалы и сплавы при более низких температурах, в электронной промышленности указанные добавки влияют на проводимость и оптические свойства получаемых покрытий и слоев, в химии добавки НП Cu зарекомендовали себя как активные компоненты катализаторов нефтехимического синтеза и металлоплакирующих присадок к моторным и трансмиссионным маслам [4,5], в печатной электронике НП Cu с успехом могут использоваться как более экономичный материал с низкой температурой плавления и высокой проводимостью вместо применяемых сегодня золота или серебра [6]. В настоящее время существует несколько методов получения медных нанопорошков: метод термического восстановления, сонохимическое осаждение, синтез порошка путём испарения металла, химическое восстановление, вакуумное осаждение из паровой фазы, радиационные методы, микроэмульсионный метод и лазерная абляция. Среди всех перечисленных, метод электрического взрыва проводников (ЭВП) является одним из самых универсальных для получения наночастиц чистого металла. Цель настоящей работы - изучить влияние условий получения НП Cu, а именно величины введенной в проводник энергии, на их некоторые свойства.

В работе использовали нанопорошки меди (НП Cu), полученные методом электрического взрыва проводников (ЭВП) в лаборатории 12 Института физики высоких технологий НИ ТПУ. Сущность метода ЭВП заключается в распылении проводника определенной длины под действием мощного импульса электрического тока (при этом достигается плотность тока до 10^{10} А/м²). Известно, что на дисперсный состав НП металлов, полученных таким способом, могут влиять целый ряд параметров, таких как диаметр проводника, электропроводность конкретного металла, давления газа во взрывной камере, а также величина введенной в проводник энергии [2].

После получения НП Cu подвергали пассивированию в среде аргона с контролируемым напуском воздуха во избежание разогрева и последующего спекания образцов. После пассивирования НП Cu просеивали через сита с размером ячейки 100 мкм. Далее пассивированные НП затаривали и хранили в условно герметичной упаковке.

Величину удельной поверхности нанопорошков Cu определяли по низкотемпературной адсорбции азота (метод БЭТ) с помощью анализатора удельной поверхности и пористости «Сорбтометр М», программное обеспечение которого, на основании полученных экспериментальных данных, автоматически рассчитывало указанный параметр.

Электровзрыв проводников – разрушение проводника импульсом тока плотностью, в результате этого происходит образование мельчайших частиц металлов. Частицы образуются вследствие взаимодействия паров металла с газовой атмосферой в объеме взрывной камеры установки. Наиболее просто ЭВП осуществить в LC-контуре по схеме, показанной на рисунке 1[2].

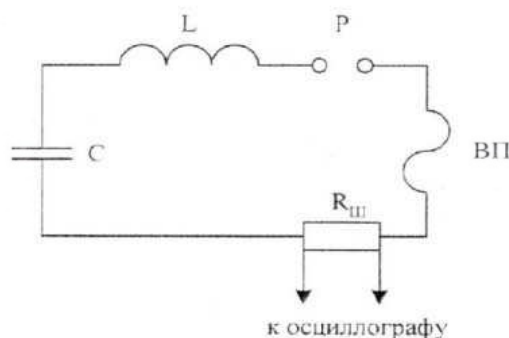


Рис. 1. Принципиальная схема LC-контура

На схеме (рисунок 1) ёмкостной накопитель энергии C заряжается от источника энергии до напряжения U_0 и с помощью разрядника P коммутируется на взрываемый проводник [2].

Для достижения цели поставленной в данной работе необходимо установить экспериментальную зависимость между введённой в проводник энергией e и средне-числовым размером частиц a . Распределение частиц по размерам подчиняется нормально-логарифмическому закону. Средне-числовой размер частиц определяется через введённую в проводник энергию по формуле [7]:

$$a = 0,3 \times 10^{-6} (e/e_c) 10^{-3}, \text{ м.} \quad (1)$$

где e_c - энергия сублимации материала,

а затем после определения величины удельной поверхности порошков средне-числовой размер частиц уточняется по формуле:

$$a = \frac{6}{S_{уд} \cdot \rho_{Me}}, \quad (2)$$

где $S_{уд}$ - удельная поверхность, ρ_{Me} - плотность компактного металла.

Теоретический вывод введённой в проводник энергии e описан в работе [2]. На величину введённой в проводник энергии влияют следующие параметры электровзрывной установки: зарядное напряжение в контуре U , индуктивность L , сила тока I , ёмкость контура C , длина и диаметр проводника (l и d соответственно).

На рис. 2 приведена графическая зависимость введённой в проводник энергии e от средне-числового размера наночастиц a . Параметры эксперимента рассчитаны с использованием формул (1) и (2). Зависимость представляет собой убывающую функцию, демонстрирующую уменьшение средне-числового размера частиц с увеличением энергии, вводимой в проводник.

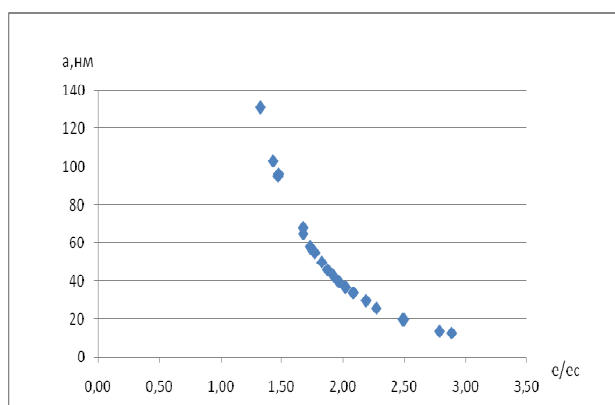


Рис. 2. Зависимость средне-числового размера наночастиц a от плотности энергии введённой в проводник

Таким образом, в ходе проведённых исследований рассчитаны величины введённой в проводник энергии и экспериментально установлено ее влияние на средне-числовой размер наночастиц меди. Установлено, что увеличение введенной в проводник энергии способствует уменьшению среднего размера частиц.

Литература.

1. Гусев А.И. Наноматериалы, наноструктуры, нанотехнологии. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 411 с.
2. Яворовский Н.А. Получение ультрадисперсных порошков методом электрического взрыва // Известия Вузов. Физика. -1996. – №4. – С.114-136.
3. Журавков С.П., Плотников Е.В., Мартемьянов Д.В., Яворовский Н.А., Xasse U., Zander S. Изучение свойств наноразмерных частиц серебра, полученных электроимпульсным методом // Известия вузов. Физика, 2013. - Т. 56. - № 7/2. С. 141-145.
4. Tarasov S., Kolubaev A., Belyaev S., Lerner M., Tepper F. Study of friction by nanocopper additives to motor oil // Wear. – 2002. - 252. - P. 63 - 69.
5. Восмеригов А.В., Ермаков А.Е., Восмеригова Л.Н., Федущак Т.А., Иванов Г.В. Превращение низших алканов в присутствии наночастиц металлов, нанесенных на цеолитную матрицу // Кинетика и катализ. – 2004. – Т. 45. – № 2. – С. 232-236.
6. Dash P.K. and Balto Y.. Generation of Nano-copper Particles through Wire Explosion Method and its Characterization // Research Journal of Nanoscience and Nanotechnology 1[1]:25-33, Malaysia, 2011.
7. Котов Ю.А., Яворовский Н.А. Исследование частиц, образующихся при электрическом взрыве проводников // Физика и химия обработки материалов. -1978. – №4. – С.24-29.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ И УМЕНЬШЕНИЕ НЕГАТИВНОГО ВЛИЯНИЯ НА ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА

Д.П. Ильященко, Д.А. Чинахов, к.т.н., доцент, Ю.М. Готовицкий, студент

Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского

Томского политехнического университета

652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26

E-mail: mita8@rambler.ru

Введение

Надёжность сварных соединений металлоконструкций технических устройств в электроэнергетической, нефтегазодобывающей, горнодобывающей, химической, машиностроительной и других отраслях промышленности существенно влияет на экологическую безопасность и экономическую эффективность производства. Поэтому одной из первоочередных задач производителей, наряду с обеспечением равнопрочности и надёжности сварных соединений, является минимизация вредного влияния процесса сварки на организм сварщика [1]. Для определения способов минимизации вредного процесса сварки на организм человека составили физическую модель процесса ручной дуговой сварки покрытыми электродами (РДС) (рис. 1).

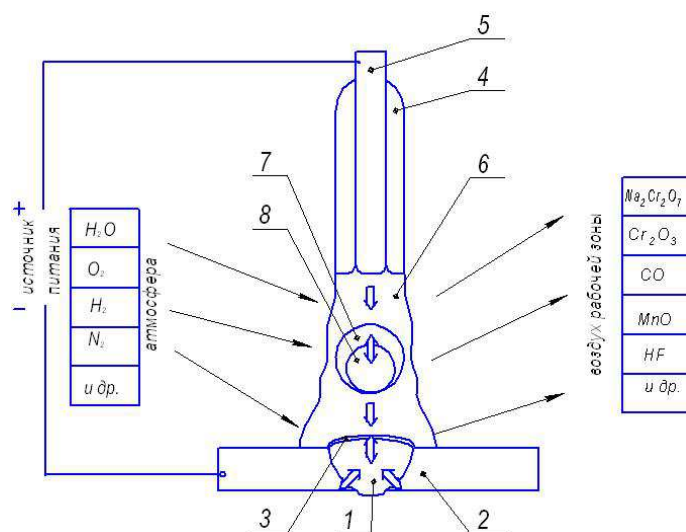


Рис. 1. Модель плавления электрода и формирования металла шва: 1 – наплавленный металл; 2 – основной металл; 3 – шлак; 4 – покрытие электрода; 5 – металлический стержень электрода; 6 – газовая атмосфера; 7 – расплавленный шлак капли; 8 – расплавленный металл капли