

УДК 621.762

К исследованию исходных компонентов псевдосплава ВНДС-1, созданного для блоков управления полетом летательных аппаратов и энергомодулей ядерных энергетических установок

Иванов Николай Николаевич^{1, 2(*)}

ivanov.n.63@yandex.ru

¹ АО ГНЦ «Центр Келдыша», Москва, Россия² АО «НПО Лавочкина», Химки, Московская обл., Россия

Аннотация. Исследованы дисперсность и морфология вольфрамового порошка, а также морфология медного порошка. Данные металлы — основные компоненты псевдосплава ВНДС-1, используемого в ракетно-космической технике. В работе использованы лазерный дифракционный анализатор и сканирующий электронный микроскоп.

Ключевые слова: вольфрамо-медный псевдосплав ВНДС-1, дисперсность, морфология, вольфрам, порошок

Введение. Автор участвовал в отработке блока из псевдосплава ВНДС-1, предназначенного для управления полетом летательного аппарата (ЛА). Отрабатывалось техническое решение [1, 2]. При стендовых экспериментах в блоке проявился систематический дефект непонятной природы.

Чтобы устранить дефект, надо знать его первопричину. Поэтому был проведен ряд исследований, в том числе исследован вольфрамовый порошок в исходном дисперсном состоянии. Заметим, что по окончании исследований причиной дефекта оказалась не технологическая цепочка, а ошибка конструктора, которая и была оперативно исправлена.

Материалы и методы; результаты. Для псевдосплава ВНДС-1 используется технология холодного прессования вольфрамового порошка с последующим спеканием, для понижения температуры спекания используется порошок никеля. Полученный пористый вольфрамовый каркас пропитывают в графитовом ковше медным расплавом в вакуумной камере в водородной атмосфере. На рисунке показана деталь блока управления полетом ЛА, изготовленная из псевдосплава ВНДС-1.

При исследовании порошка вольфрама использовались лазерный дифракционный анализатор HELOS&RODOS и сканирующий электронный микроскоп NT3200. Для анализа дисперсности и морфологии вольфрамового порошка автору были переданы несколько проб. Данные пробы были получены дроблением и измельчением крупнозернистого твердого концентрата в мельницах. В 1942 году молодой математик, далее акад. А.Н. Колмогоров [3], показал, что распределение размеров частиц асимптотически стремится по мере процесса измельчения к логарифмически нормальному закону распределения, причем, если случайная величина (размер частиц) имеет логарифмически нормальное распределение, то логарифм этой случайной величины имеет нормальное распределение.



Деталь блока управления полетом ЛА, изготовленная
из псевдосплава ВНДС-1

В работе представлены микрофотографии вольфрамовых и медных частиц, и те, и другие частицы имеют различные размеры и являются полидисперсными с неориентированной поверхностной морфологией. В науке и технике используются различные распределения частиц; по количеству (счетное распределение частиц, молекул), по массе, по объему, по поверхности и т. д. [4]. Результаты исследований дисперсности вольфрамового порошка представлены в виде графиков и таблицы, из которых следует, что график логарифмов случайной величины d_w имеет нормальное распределение и подтверждает вывод акад. А.Н. Колмогорова. Следует отметить, что разработкой сплавов на основе вольфрама занимаются и многие зарубежные компании [5].

Заключение. Диапазон размеров вольфрамовых частиц в пробах оказался равным: проба № 1 $d_w = (1,8-122)$ мкм; проба № 2 $d_w = (2,0-86)$ мкм; проба № 3 $d_w = (2,0-122)$ мкм. Усредненный диапазон размеров вольфрамовых частиц $(d_w)_{CP} = (1,93-110)$ мкм. Объемные медианные диаметры $(d_w)_{50}$, делящие суммарный объем частиц вольфрама в пробе на две равные доли по 0,5 объема, оказались равными: проба № 1 $(d_w)_{50} = 7,77$ мкм; проба № 2 $(d_w)_{50} = 9,14$ мкм; проба № 3 $(d_w)_{50} = 8,34$ мкм. Усредненный объемный медианный диаметр частиц вольфрама $(d_w)_{50CP} = 8,42$ мкм. Выполненные исследования подтвердили вывод акад. А.Н. Колмогорова, что распределение частиц вольфрама по размерам в процессе их дробления и измельчения подчиняется логарифмически — нормальному закону распределения.

Автор выражает благодарность за постоянное внимание и помощь в работе Ткхилава Ирине Ш. (МФТИ), Рудаковой А.Ф. («НПО Лавочкина»), Трифонову А.А. (ООО Newtons), Абуткиной Е.Н. и Капитоновой А.Р. (НКЦ «Лабтест»), аспирантам Ивановой Е.А. и Просвириной И.Д. (Сколковский институт науки и технологий).

Список источников

- [1] Краснов Н.Ф., Захарченко В.Ф., Кошевой В.Н. *Основы аэродинамического расчета*. Москва, Высшая школа, 1984, 264 с.
- [2] Калугин В.Т. *Аэродинамика органов управления полетом летательных аппаратов*. Москва, Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004, 687 с.
- [3] Колмогоров А.Н. О логарифмически нормальном законе распределения размеров частиц при дроблении. *Доклады АН СССР. Серия математическая*, 1941, т. 32, № 2, с. 99–101.
- [4] Фукс Н.А. *Механика аэрозолей*. Москва, Изд-во АН СССР, 1955, 351 с.
- [5] Senthilnathan N., Raja Annamalai A., Venkatachalam G.A. Sintering of Tungsten and Tungsten Heavy Alloys of W — Ni — Fe and W — Ni — Cu. Review. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 2017, vol. 70, no. 5, pp. 1161–1176.