

**СЕКЦИЯ 8.
РЕЛЕЙНАЯ ЗАЩИТА, АВТОМАТИКА,
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ
СИСТЕМ**

**УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ПОРОШКА
НИТРИДА АЛЮМИНИЯ, ПОЛУЧЕННОГО
ПЛАЗМОДИНАМИЧЕСКИМ МЕТОДОМ**

М.И. Гуков¹, И.И. Шаненков², А.И. Циммерман¹
^{1,2}Томский политехнический университет
ЭНИН, ЭПП, ¹группа 5Г42

Введение

Интерес к синтезу нитрида алюминия обусловлен его следующими уникальными свойствами: сравнительно высокая теплопроводность, низкая диэлектрическая постоянная, низкий коэффициент теплового расширения, высокая механическая прочность [1]. Благодаря этим свойствам порошок нитрида алюминия активно используется при получении керамики, которая в дальнейшем применяется при производстве микроэлектроники. Синтез порошков AlN с наноразмерной структурой является важной задачей, так как от размера частиц зависит температура спекания. Известно, что чем выше дисперсность частиц нитрида алюминия, тем меньшие параметры спекания можно использовать при получении керамики.

Ввиду больших удельных энергетических и временных затрат на получение порошков нитрида алюминия большинством известных методов [2] наблюдается интерес к способам синтеза, в основе которых лежат плазменные процессы. Эти способы обладают следующими преимуществами: высокая скорость протекания реакции, высокие достигаемые энергетические параметры в процессе синтеза и высокая скорость охлаждения (порядка 10^6 К/с). Используя систему на основе разработанного в ТПУ коаксиального магнитоплазменного ускорителя [3-5], ранее были проведены эксперименты по получению AlN.

Известно, что обработка конечных продуктов (размол, ультразвуковое и электродиспергирование) позволяет удалять примеси и увеличивать дисперсность. В данной работе исследуется влияние ультразвукового диспергирования на фазовый состав и размеры частиц конечного продукта плазмодинамического синтеза в системе Al-N.

Экспериментальная часть

Исследуемый порошок нитрида алюминия был получен плазменно-динамическим методом в системе на основе КМПУ с алюминиевыми электродами. В качестве твердого прекурсора использовался меламин ($C_3N_6H_6$) для увеличения концентрации азота. Плазменный выстрел производился в герметичную камеру-реактор, заполненную газообразным азотом ($P=1,0$ атм). Энергетические параметры емкостного накопителя энергии были следующими: зарядная емкость $C=14,4$ мФ, зарядное напряжение $U=3,0$ кВ.

Полученный продукт без предварительной подготовки анализировался методами рентгеновской дифрактометрии (Shimadzu XRD-7000) и просвечивающей электронной микроскопии (Philips CM12), согласно данным которой строились гистограммы распределения частиц. После этого продукт был подвергнут ультразвуковому диспергированию в ультразвуковой ванне (Ultrasonic Cleaner 50 Вт) в течение 8 минут в изопропиловом спирте. После этого продукт разливался в 2 разные чашки Петри: в одной мелкая фракция, в другой – осадок. Далее изопропиловый спирт выпаривался, и собирались образцы. Продукт, получившийся из мелкой фракции, также анализировался описанными выше методами.

Результаты и обсуждения

На рисунке 1 представлены рентгеновские дифрактограммы полученного порошка до и после ультразвукового диспергирования. Расшифровка дифрактограмм проводилась в программной среде PowderCell 2.4 с использованием базы данных PDF 2. Согласно полученным данным, было установлено, что порошок состоит из трех основных фаз (AlN , Al , Al_4C_3). Стоит отметить, что доминирующей является фаза нитрида алюминия. Тем не менее содержание примесей составляет около 25 %. Расшифровка дифрактограммы, представленной на рисунке 1б, позволила заключить, что после диспергирования массовое содержание необходимой нам фазы нитрида алюминия повышается, а содержание примесных фаз, таких как Al и Al_4C_3 , падает. На дифрактограммах это заметно по уменьшению основных максимумов, соответствующих фазам Al и Al_4C_3 . Полученные данные свидетельствуют о повышении степени очистки исследуемого порошка.

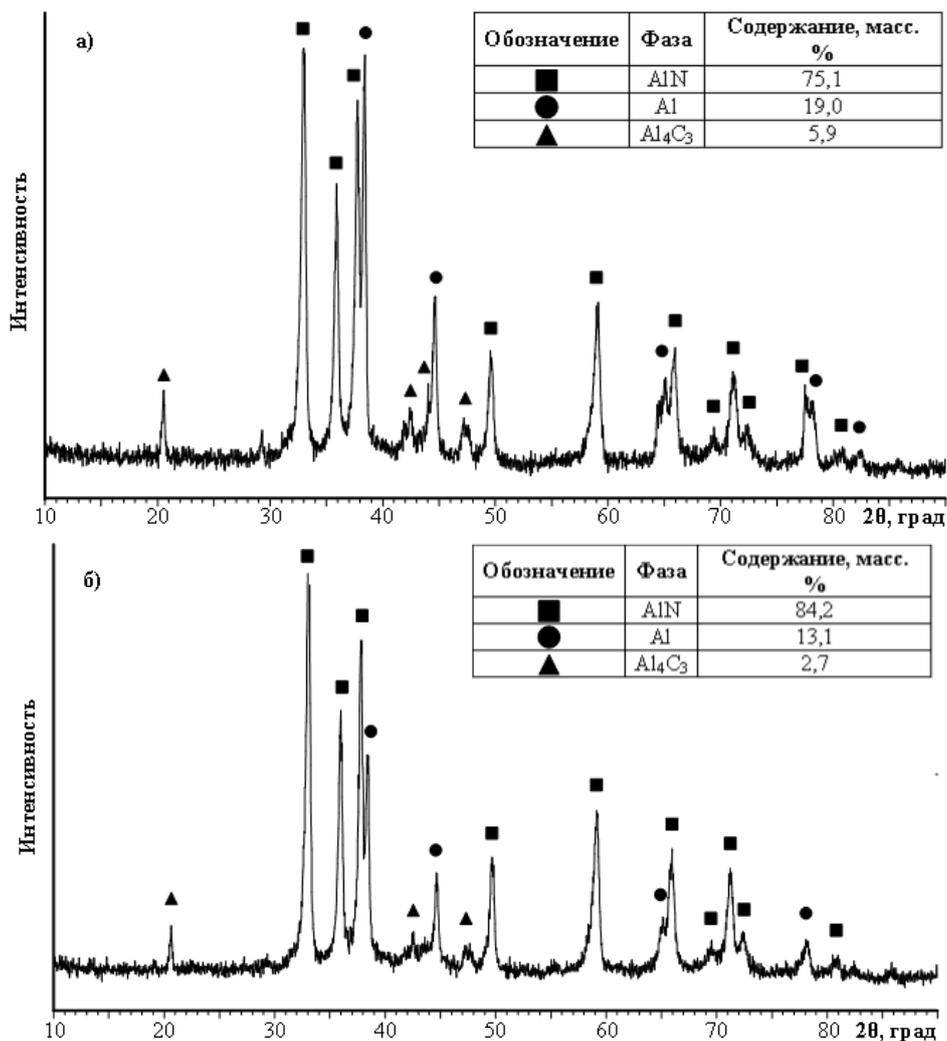


Рис. 1. Рентгеновские дифрактограммы исследуемого порошка: а) до ультразвукового диспергирования; б) после ультразвукового диспергирования

На рисунке 2 представлены гистограммы распределения частиц в исследуемом порошке по размерам до и после проведения ультразвукового диспергирования. Как видно из рисунка, после обработки размеры наибольшего числа частиц в исследуемом порошке изменяются с диапазона 40-120 нм до 20-100 нм. Кроме того удалось выделить наиболее мелкую фракцию с размерами до 20 нм.

Заключение

По результатам проведенных исследований можно сделать вывод, что ультразвуковое диспергирование порошка, полученного плазгодинамическим методом, позволяет повысить степень его очистки и выделить более мелкую фракцию, которая является наиболее предпочтительной для получения керамики.

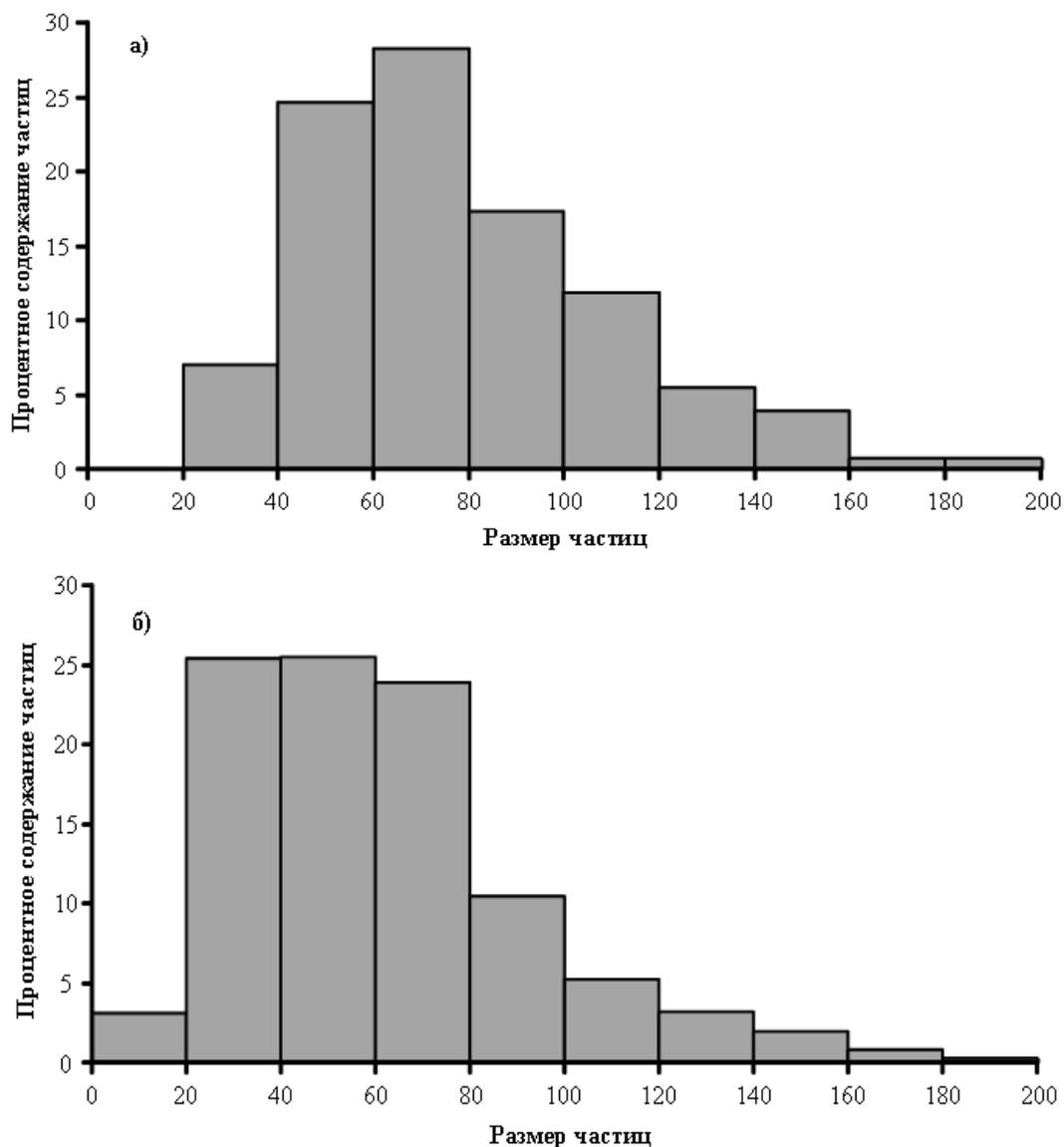


Рис. 2. Гистограммы распределения частиц по размерам в исследуемом порошке: а) до ультразвукового диспергирования; б) после ультразвукового диспергирования

ЛИТЕРАТУРА:

1. Slack G. A., Tanzilli R. A., Pohl R. O., Vandersande J. W. The intrinsic thermal conductivity of AlN // *Journal of Physics and Chemistry of Solids*. – 1987. – № 48. – P. 641–647.
2. Pee J.H., Park J.C., Hwang K.T., Kim S., Cho W.S. Properties of AlN powder synthesized by self-propagating high temperature synthesis process // *Key engineering materials*. – 2010. – № 434–435. – P. 834–837.

3. Пат. 137443 РФ. МПК7 H05H 11/00. Коаксиальный магнито-плазменный ускоритель / А.А. Сивков, А.С. Сайгаш, Ю.Л. Колганова. Бюл. № 4. – 6 с.
4. Sivkov A., Pak A., Shanenkov I., Kolganova Y., Prosvirin I. Effect of energy on plasmodynamic synthesis product in the carbon-nitrogen system // Advanced Materials Research. – 2014. – Т. 880. – С. 36-41.
5. Сивков А.А., Пак А.Я., Никитин Д.С., Рахматуллин И.А., Шаненков И.И. Плазмодинамический синтез нанокристаллических структур в системе С-N // Российские нанотехнологии. – 2013. – Т. 8. – № 7-8. – С. 62-65.

Научный руководитель: А.А. Сивков, д.т.н., профессор, каф. ЭПП ЭНИН ТПУ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АКТИВНЫХ ФИЛЬТРОВ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ РЕАТИВНОЙ МОЩНОСТИ

К.А. Воронин

Уфимский государственный авиационный технический университет

На крупных промышленных предприятиях всегда остается высоким показатель потребляемой мощности из-за использования электрических приводов, которые требуют контроля скорости. В машиностроительной и авиационной промышленности, активно применяются также электродуговые и сталеплавильные печи, вентиляционные и дренажные системы, большие воздушные компрессоры и различные насосы. В качестве приводов используются как двигатели постоянного тока, так и асинхронные и синхронные. Для того чтобы обеспечить плавное регулирование скорости, используются система выпрямления или же система преобразователей высокой мощности (в которой также используются выпрямители). Для приводов небольшой и средней номинальной мощности (примерно до 300-400 кВт) обычно применяют неуправляемые вентили (диоды), в то время как для приводов большой мощности – управляемые выпрямители. Они работают с сильно искаженным синусоидальным током, и их включают для работы с нелинейной нагрузкой. Быстрый рост применения выпрямителей и систем преобразователей создает серьезные проблемы из-за их воздействия на электрическую сеть. Это связано с наличием искаженной формы кривой напряжения и как следствие, значительных потоков реактивной мощности и сниженного значения коэффициента мощности