

металла до достижения температуры 323 К. Для повышения интенсивности очистки процесс ионной обработки осуществляют в атмосфере аргона при давлении  $10^{-2}$ -  $10^{-1}$  Па. При обработке изделия из диэлектрика в качестве ускоренных ионов используют ионы газа, выбранного из группы, состоящей из аргона, азота, кислорода или их смеси.

В качестве графитового катода в указанном способе используют графит высокой степени очистки, в котором количество пор составляет около 0,5%. Для повышения качества алмазоподобного углеродного покрытия используют графит высокой степени очистки с минимальным количеством пор, поскольку в порах находятся примеси: газ - азот, кислород, пары воды. Эти примеси, попадая в формируемое покрытие, ухудшают его качество. Для того, чтобы получить полупроводниковые свойства алмазоподобного покрытия, в качестве графитового катода используют графит с примесью легирующего элемента, в качестве которого используют элемент, выбранный из группы, состоящей из кремния, германия, осмия, висмута, фосфора, сурьмы. В настоящее время актуальной задачей является нанесение алмазоподобного покрытия на основе графита магнетронным распылением. Магнетронное распыление относится к методам распыления материалов ионной бомбардировкой.

УДК 621.793

### **Фильтры из порошковых материалов: свойства, получение, область применения**

Студент гр. 104611 Федюк И.Л.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Фильтры из порошковых материалов по сравнению с другими пористыми изделиями обладают рядом преимуществ: высокой степенью очистки при удовлетворительной проницаемости, высокими жаростойкостью, прочностью, сопротивлением абразивному износу, теплопроводностью и др. Фильтры на основе порошковых металлов, наряду с пористыми подшипниками, составляют главную часть пористых изделий из порошковых материалов.

Их используют для отделения газов и жидкости от посторонних примесей, для очистки газов при их производстве и практическом использовании, отходящих газов в химической, металлургической, атомной и цементной промышленности. Коррозионностойкие фильтры используют для очистки воды, молока, растворов щелочей и кислот. Методами порошковой металлургии изготавливают также пористые уплотнительные прокладки, антиобледенители, пламегасители, конденсаторы, пеноматериалы и другие материалы.

Фильтрующие свойства порошковых материалов представлены пористостью, проницаемостью, тонкостью фильтрации и грязеёмкостью. Тонкость фильтрования характеризует качественный процесс очистки жидкости от загрязнений. В общем случае тонкость фильтрования определяется абсолютной и номинальной тонкостью фильтрования и коэффициентами отфильтровывания и полнотой фильтрования. Абсолютная тонкость фильтрования определяется как максимальный размер частиц загрязнений, пропускаемых фильтром.

Номинальная тонкость фильтрования представляет собой минимальный размер частиц, прошедших через фильтр. Коэффициент полноты отфильтрования характеризует уменьшение массы загрязнений в рабочей жидкости при однократном её пропускании через пористый порошковый материал. Грязеёмкость фильтра представляет собой массу загрязнений, задержанных на единице площади фильтрующего материала во время повышения давления от начального до предельного.

Спеченные фильтры изготавливают из порошков металлов или сплавов однородной фракции определённого химического состава. Порошки могут иметь как сферическую, так и несферическую форму. Основное преимущество фильтров, изготовленных из несферического порошка, состоит в том, что они имеют повышенную механическую прочность за счет

лучшего контакта частиц неправильной формы с разветвленной поверхностью по сравнению с точечным контактом сферических порошков. Однако в производстве спеченных фильтров целесообразнее выбирать порошки с частицами сферической формы, так как материал из таких порошков обладает лучшей проницаемостью, поддающейся регулировке и регенерации.

Современные методы порошковой металлургии позволяют изготавливать фильтры с изменяемой и регулируемой пористостью, проницаемостью и степенью очистки. Фильтры небольших размеров изготавливают методом спекания свободно засыпанного порошка. При этом для равномерного распределения порошка необходимо встряхивание или вибрирование формы. В этом случае сферическая форма частиц порошка не изменяется, что способствует сохранению максимальной проницаемости материала.

Для получения материалов с повышенной пористостью (40 – 75%) и удовлетворительными прочностными свойствами в порошки перед стадией деформирования заготовки вводят специальные добавки, которые предназначены для одновременного увеличения прочности и сохранения высокой пористости фильтра.

УДК 621.762

### Методы получения тугоплавкой керамики на основе нитрида кремния

Студент гр. 104611 Чукашев П.С.

Научный руководитель – Жук А.Е.

Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Данный класс относится как к оксидной, так и к безоксидной керамике. Это материалы на основе карбидов, нитридов, боридов, оксидов (AlN, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiC, TiN, TiB<sub>2</sub>, ZrO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Основными способами получения тугоплавкой керамики являются: твердофазное и жидкофазное спекание, реакционное спекание, спекание в ударных волнах, спекание под давлением. При твердофазном спекании протекают следующие основные процессы: поверхностная и объемная диффузия атомов, усадка, рекристаллизация, перенос атомов через газовую среду. Спекание сопровождается возникновением и развитием связей между частицами, образованием и ростом контактов (шеек), закрытием сквозной пористости, укрупнением и сфероидизацией пор, уплотнением заготовки за счет усадки.

В процессе спекания происходит массоперенос вещества через газовую фазу за счет поверхностной и объемной диффузии, вязкого течения, течения, вызванного внешними нагрузками (спекание под давлением). При спекании наблюдается также рекристаллизация (рост одних зерен за счет других той же фазы). Уплотнение при нагреве в основном происходит за счет объемной деформации частиц, осуществляемой путем объемной самодиффузии атомов.

Процесс спекания с участием жидкой фазы находит огромное техническое применение, в частности, при производстве изделий, в состав которых входят карбиды металлов. Они обладают большой твердостью и в связи с этим широко используются при производстве режущего инструмента. Жидкая фаза, кристаллизуясь, играет роль связки, цементирующей изделие в целом. Технология спекания с участием жидкой фазы широко применяется при производстве различных композитных материалов.

Кинетика процессов, которые происходят при спекании (усадке) порошковой пресовки при наличии жидкой фазы, существенно зависит от начальной пористости пресовки, количества жидкой фазы, линейного размера порошинок, степени смачивания твердой фазы жидкостью, взаимной растворимости фаз и др. Она зависит также от происхождения жидкой фазы, т.е. появилась ли жидкая фаза вследствие расплавления легкоплавкого компонента смеси или вследствие "контактного" плавления, когда жидкая фаза возникает при температуре, более низкой, чем температура плавления компонентов смеси. Последовательное фор-