

СОВРЕМЕННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Гарбузов В.В., Гилета В.П.

Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск

Ключевые слова: воздушно-центробежная классификация, дисковый классификатор, высокоплотные порошки, порошок молибдена, гранулометрический состав, разделение на фракции, напыление покрытий, сверхмелкие порошки.

Аннотация. В статье представлена конструкция дискового воздушно-центробежного классификатора для разделения высокоплотных порошковых материалов, используемых при напылении покрытий. Описаны основные методы классификации порошков (ситовой, аэродинамический, воздушно-центробежный) и их преимущества. Приведены результаты экспериментального разделения порошка молибдена (плотность 10,22 г/см³), показавшие значительное улучшение гранулометрического состава: выделена сверхмелкая фракция с параметрами D10 = 1,79 мкм, D50 = 4,09 мкм, D90 = 8,13 мкм. Разработанное оборудование обеспечивает высокую однородность частиц, что критически важно для качества и долговечности покрытий.

MODERN EQUIPMENT FOR SEPARATION OF POWDER MATERIALS

Garbuzov V.V., Gileta V.P.

Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk

Keywords: air-centrifugal classification, disk classifier, high-density powders, molybdenum powder, particle size distribution, fraction separation, thermal spray coatings, ultrafine powders.

Abstract. The article presents a design of a disk-type air-centrifugal classifier for separating high-density powder materials used in spray coating. The main methods of powder classification (sieve, aerodynamic, air-centrifugal) and their advantages are described. The results of an experimental separation of molybdenum powder (density 10.22 g/cm³) are presented, showing a significant improvement in particle size distribution: an ultrafine fraction with parameters D10 = 1.79 μm, D50 = 4.09 μm, D90 = 8.13 μm was obtained. The developed equipment ensures high particle uniformity, which is critically important for the quality and durability of coatings.

Одной из основных задач в напылении покрытий является достижение требуемой структуры поверхностного слоя с заданными физическими и химическими свойствами. Для этого большое значение имеет правильный выбор порошка и его гранулометрический состав. Неравномерность гранулометрического состава может привести к неоднородности покрытий, что снижает их качество и долговечность [1, 2].

Для обеспечения однородности гранулометрического состава порошков применяются различные методы разделения на фракции. Эти методы позволяют выделить частицы определенного размера и формы, что критически важно для достижения желаемых свойств покрытий. Рассмотрим несколько основных методов.

Ситовая классификация: метод основан на использовании серии сита с различными размерами ячеек. Порошок просеивается через сита, и частицы задерживаются или проходят в зависимости от их размера. Ситовая классификация

проста в реализации и позволяет быстро получить фракции, но может быть менее эффективной для мелкодисперсных порошков.

Аэродинамическая классификация: метод основан на разделении частиц по их аэродинамическим свойствам. Порошок пропускается через поток воздуха, и частицы разделяются в зависимости от их размера и формы. Мелкие и легкие частицы поднимаются в поток воздуха, тогда как более крупные и тяжелые оседают. Аэродинамическая классификация позволяет эффективно разделять порошки на фракции, но требует точной настройки параметров потока.

Воздушно-центробежное разделение: метод сочетает в себе принципы аэродинамической классификации и центробежной силы. Порошок подается в центробежный классификатор, где вращающиеся лопасти создают центробежную силу, разделяющую частицы по размеру. Мелкие частицы, обладая меньшей инерцией, поднимаются вверх, тогда как более крупные частицы под действием центробежной силы оседают на стенках устройства и выводятся отдельно.

Воздушно-центробежный метод представляет собой эффективное решение для достижения однородного гранулометрического состава порошков. Его преимущества включают следующее.

Высокая точность разделения: метод позволяет получить фракции с узким распределением размеров частиц, что критически важно для обеспечения однородности покрытий.

Гибкость в настройках: параметры процесса, такие как скорость вращения и скорость потока воздуха, могут быть легко настроены для достижения желаемых характеристик разделения.

Эффективность: воздушно-центробежное разделение позволяет обрабатывать большие объемы порошка за короткое время, что делает его подходящим для промышленного применения.

Воздушно-центробежная классификация является одним из наиболее эффективных методов разделения порошков по размеру. Однако, для оптимального разделения порошков в классификаторе необходимы знания о влиянии различных факторов на процесс разделения, таких как скорость потока воздуха, размер классифицируемых частиц, геометрия и размеры классификатора. Правильный выбор оборудования и режимов его работы позволяет достичь высокого качества сырья, используемого для напыления, и добиться высокого качества покрытия.

Исходные материалы для напыления покрытий часто представляют собой порошки с высокой плотностью. Однако процесс их разделения может сталкиваться с рядом трудностей, которые негативно влияют на эффективность и качество конечного продукта. В роторных классификаторах центробежная сила является основным фактором для разделения частиц по размеру. Для высокоплотных порошков может потребоваться значительно большая сила, чтобы эффективно отделить легкие и тяжелые фракции, что может быть трудно достичь.

Принцип разделения порошковых материалов по размеру в горизонтальном потоке воздуха успешно применяется при равномерном распределении сепарируемого вещества. Чтобы обеспечить однородное распределение частиц в новом типе центробежных сепараторов, подача порошка часто осуществляется с помощью диска, вращающегося в горизонтальной плоскости [3].

Более равномерное распределение порошка в воздушно-центробежном классификаторе с дисковым ротором достигается благодаря нескольким ключевым факторам.

Конструкция дискового ротора: дисковая форма ротора способствует созданию стабильного и направленного потока воздуха. Плоская или слегка выпуклая поверхность ротора помогает избежать образования зон застоя и обеспечивает равномерное распределение частиц по всей зоне сепарации.

Центробежные силы: при вращении диска создаются центробежные силы, которые равномерно распределяют частицы по радиусу. Легкие частицы, огибая ротор, следуют воздушному потоку, а более тяжелые ударяясь о диск приобретают высокую скорость, за счет которой удаляются из зоны сепарации.

Геометрия зоны сепарации воздушно-центробежного классификатора (рис. 1) представляет собой два диска, вращающихся с определённой угловой скоростью ω вокруг своей оси $O-Z$. Через входное сечение $A-Z$ поступает воздушный поток смешанный с исходным материалом. Крупные частицы за счет большего веса слабо увлекаются потоком воздуха, поэтому попадают на поверхность диска и отбрасываются к периферии рабочей зоны, покидают зону сепарации через сечение $B-B$. Мелкие частицы, увлеченные воздушным потоком, огибают диск и проходят между вращающимися дисками через сечение $C-C$ удаляются из зоны сепарации через сечение A_1-Z .

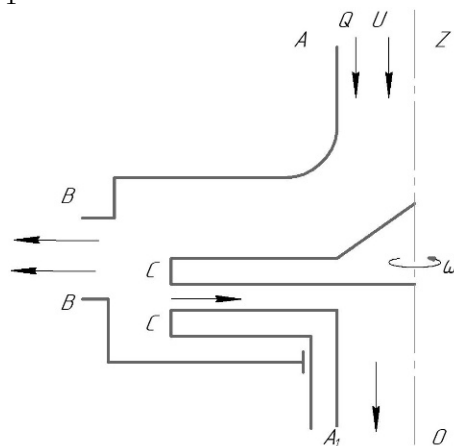


Рис. 1. Схема зоны сепарации воздушно-центробежного классификатора дискового типа

Для решения задачи по разделению порошковых материалов высокой плотности представлена конструкция дискового воздушно центробежного классификатора, представленного на рисунке 2.

Классификатор состоит из двух зон разделения поз. 1 и поз. 2 соответственно (см. рис. 2). Внутри ступеней разделения находятся диски, которым придается вращение с помощью электропривода поз. 3. Материал подается в рабочую зону с помощью шнека поз. 4. Движение воздушного потока создается с помощью воздуходувки поз. 6. Осаждение мелкого материала осуществляется с помощью трех последовательно установленных циклонов поз. 5. Для улавливания сверх мелких частиц в классификаторе установлена двухступенчатая система фильтрации поз. 7.

В подтверждение эффективности разделения порошков высокой плотности на данном оборудовании проведена пробная классификация порошка молибдена

(плотность $10,22 \text{ г/см}^3$), результатами эксперимента являются кривые распределения предоставленные на рисунке 3.

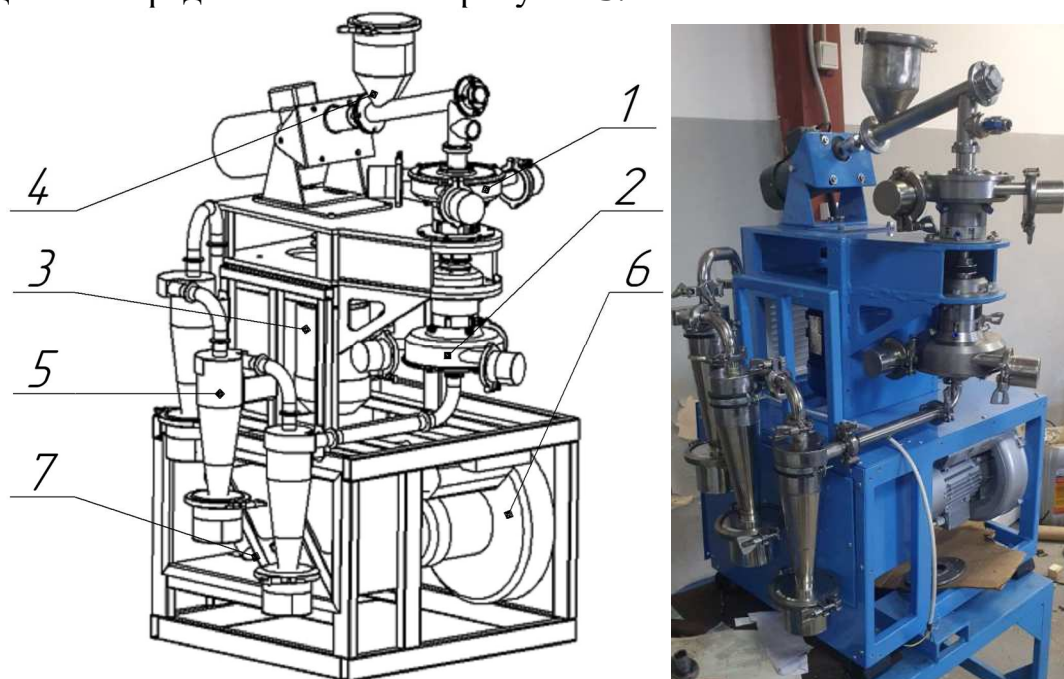


Рис. 2. Схема и фотография воздушно-центробежного классификатора

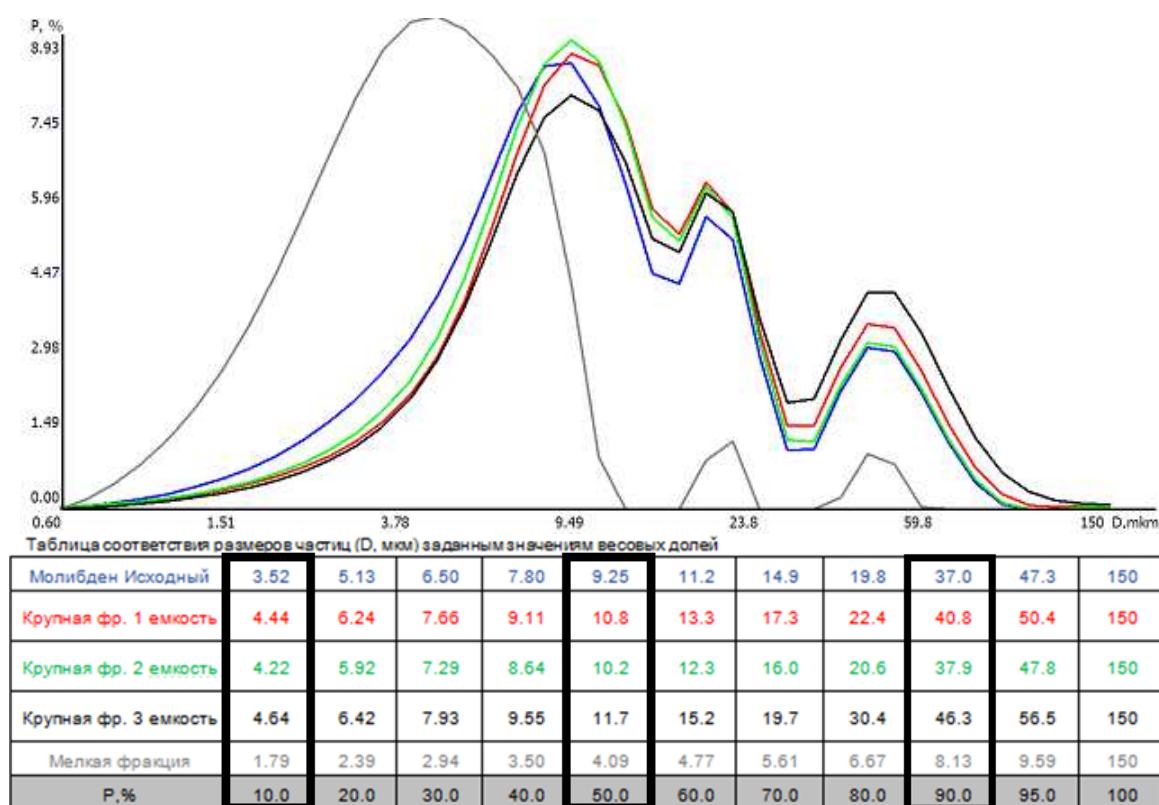


Рис. 3. Кривые распределения порошка молибдена до и после классификации

Как видно по графикам после единичного проход через классификатор из исходного материала с параметрами: $D_{10} = 3,52 \text{ мкм}$; $D_{50} = 9,25 \text{ мкм}$; $D_{90} = 37,0 \text{ мкм}$. Удалось выделить сверхмелкий порошок размерами $D_{10} = 1,79 \text{ мкм}$; $D_{50} = 4,09 \text{ мкм}$; $D_{90} = 8,13 \text{ мкм}$.

В результате проведенного исследования была разработана конструкция дискового воздушно-центробежного классификатора, способного эффективно

разделять высокоплотные порошковые материалы, такие как порошок молибдена. Применение данной технологии позволяет достигать высокой степени однородности гранулометрического состава, что критически важно для обеспечения качества и долговечности покрытий при их напылении.

Экспериментальные данные подтвердили эффективность предложенного метода: классификатор обеспечил значительное улучшение параметров выделяемого сверхмелкого порошка по сравнению с исходным материалом. Это подчеркивает важность правильного выбора оборудования и режимов его работы для достижения заданных физико-химических свойств покрытий.

Таким образом, разработанный классификатор может стать важным инструментом в производственных процессах, где требуется высококачественное разделение порошков, что, в свою очередь, способствует улучшению характеристик конечных продуктов и расширению возможностей их применения в различных отраслях.

Список литературы

1. Марахтанов М.К., Клименко Г.К., Чжо В.Н. Исследование характеристик шероховатости покрытия, нанесенного методом плазменного напыления // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. – 2014. – №2(647). – С. 72-76.
2. Архипов В.Е., Лондарский А.Ф., Мельшанов А.Ф., Москвинин Г.В., Пугачев М.С., Фалалаев Н.С. Технологические особенности газодинамического напыления покрытий // Вестник машиностроения. – 2015. – №9. – С. 64-69.
3. Богданов В.С., Логачев И.Н., Дмитриенко В.Г., Жидков В.В. Закономерности сегрегации частиц на вращающемся диске классификатора центробежного типа // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. – 2012. – №1. – С. 73-78.

Сведения об авторах:

Гарбузов Владимир Викторович – аспирант;

Гилета Виктор Павлович – к.т.н., доцент.