УДК 621.926 https://doi.org/10.26160/2542-0127-2026-18-107-109

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ СТРУЙНО–ВИХРЕВОЙ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬ

Брайнин Д.Г.
Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет), Санкт-Петербург

Ключевые слова: модификация конструкции, измельчение, дисперсные материалы, оптимизация, струйно-вихревой измельчитель, диссипация энергии.
Аннотация. Статья посвящена модификации конструкции струйно-вихревого измельчителя для тонкого и сверхтонкого помола кристаллических дисперсных материалов. На основе ранней разработки аппарата серии СВИ было принято решение изменить геометрию аппарата, в частности камеры измельчения, с целью поиска эффективного режима работы, обеспечивающего при меньших энергозатратах более интенсивное измельчение материала. С использованием SolidWorks Flow Simulation выполнено моделирование модифицированных исполнений аппарата. Показано, что целенаправленное изменение радиусов стенок камеры позволяет перераспределить зоны завихрения и снизить гидравлическое сопротивление при сохранении требуемой скорости диссипации энергии.

MODIFIED JET-VORTEX PULVERIZER

Brainin D.G.
Saint Petersburg State Institute of Technology, Saint-Petersburg

Keywords: design modification, grinding, dispersed materials, optimization, jet-vortex mill, energy dissipation.
Abstract. This article is devoted to the modification of the design of a jet-vortex mill for fine and ultrafine grinding of crystalline dispersed materials. Based on the earlier development of the SVI series apparatus, it was decided to modify the geometry of the apparatus, specifically the grinding chamber, with the aim of finding an efficient operating mode that ensures more intensive grinding of the material at lower energy consumption. Using SolidWorks Flow Simulation, modeling of modified versions of the apparatus was performed. It is shown that a targeted change in the radii of the chamber walls allows redistributing the zones of turbulent energy dissipation and reducing hydraulic resistance while maintaining the required intensity of vortex motion.

Анализ известных технических решений показывает, что геометрия рабочей камеры оказывает определяющее влияние на эффективность процесса измельчения. В патенте №2166993 [1] предложена камера измельчения, образованная двумя торообразными поверхностями, при этом внешняя торообразная поверхность имеет радиус торообразующей окружности, примерно равный радиусу осевой окружности тора. Такое решение позволяет уменьшить степень износа стенок рабочей камеры и повысить качество измельчённого материала. В патенте №2118911 [2] показано, что выполнение входного и выходного патрубков по всей длине стенки корпуса позволяет снизить энергозатраты и увеличить производительность.

Целью данного исследования является модификация конструкции струйно-вихревого измельчителя, направленная на повышение эффективности тонкого помола кристаллических ДМ за счёт оптимизации геометрии камеры измельчения, поддона, корпуса и входных патрубков.

Конструкция модифицированного аппарата

На основе ранней разработки струйно-вихревого измельчителя (рис. 1) [3] было принято решение модифицировать устройство камеры аппарата, днища и входных патрубков. Базовое исполнение состоит из корпуса 1, крышки корпуса 2 и крышки формирователя потока 3, формирователей потока 4, 5, 6, входного 7 и выходного 8 патрубков, прокладок 9, 10, обеспечивающих возможность изменения зазора между крышками и формирователями потока и днища 11.

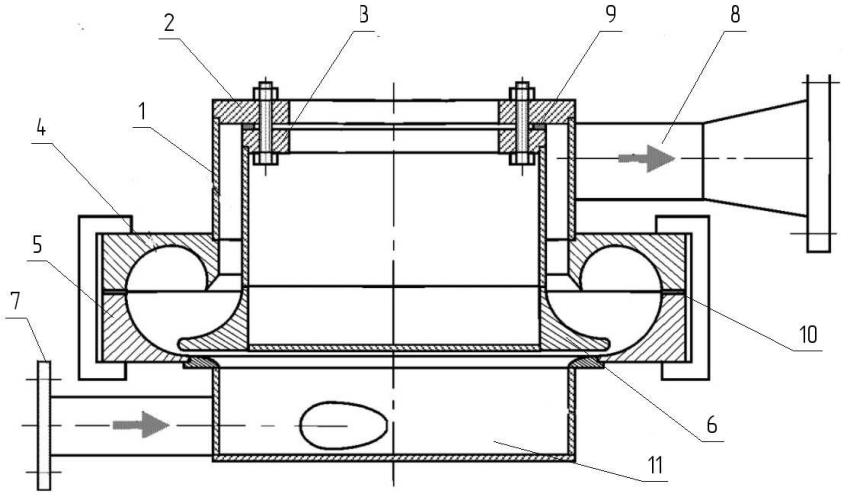


Рис. 1. Базовый СВИ

Модификация заключалась в изменении радиусов сечения формирователей в вихревой камере, геометрии входных патрубков, а также изменению днища (рис. 2). В отличие от базового исполнения в модифицированном аппарате радиусы стенок варьировались в диапазоне, обеспечивающем плавное изменение поперечного сечения рабочей камеры по ходу движения потока. Это позволяет управлять полем скоростей и давлений в вихревой камере, целенаправленно воздействуя на зоны максимальной диссипации энергии. Помимо этого, были изменены диаметры и расположение входных патрубков, что обеспечило лучшее закручивание потока воздуха. Также была уменьшена высота корпуса и убрано лишнее пространство днища. Это обеспечило уменьшению энергозатрат при той же скорости диссипации энергии.

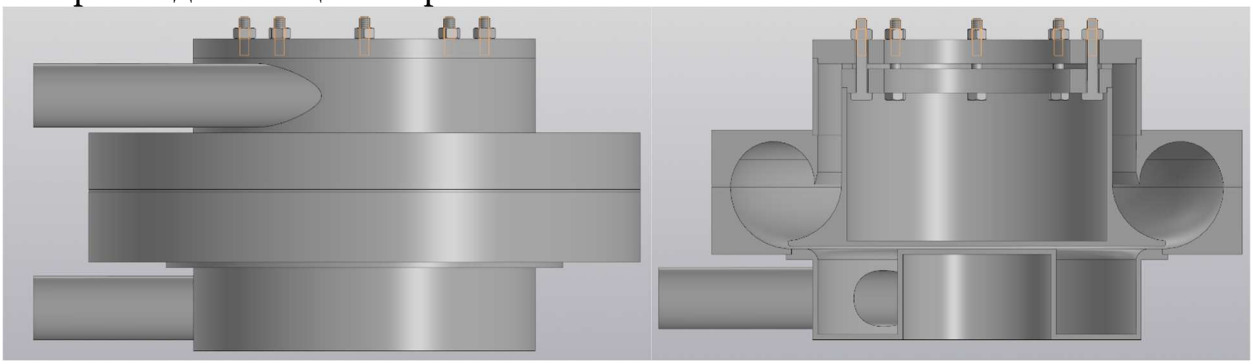


Рис. 2. Модифицированный СВИ

Результаты и обсуждение

На основании серии параметрических расчётов были получены количественные оценки аэродинамических и энергетических характеристик модифицированного исполнения струйно-вихревого измельчителя. Исследование

влияния радиусов стенок формирователей потока в вихревой камере показало нелинейный характер зависимости аэродинамических характеристик от этого параметра.

Анализ картины течения показывает, что в модифицированном аппарате формируется устойчивая вихревая структура, обеспечивающая необходимые условия для реализации измельчения. При этом за счёт оптимизации геометрии входных патрубков удаётся практически устранить паразитные завихрения во входном участке вихревой камеры, которые в базовом исполнении приводили к дополнительным потерям энергии.

В теории струйно-вихревого измельчения принято, что интенсивность разрушения частиц пропорциональна удельной скорости диссипации энергии турбулентности ε. Чем выше ε, тем больше сдвиговых напряжений и кинетической энергии передаётся дисперсной фазе, что способствует более эффективному измельчению и сокращению времени пребывания материала в камере. Проведённые расчёты показывают, что модификация геометрии камеры измельчения позволяет достичь значений ε, сопоставимых с базовым исполнением, но при меньшем гидравлическом сопротивлении, что и является целью оптимизации.

Следует отметить, что полученные результаты носят расчётно-теоретический характер. Для окончательного подтверждения эффективности предложенной модификации требуется проведение натурных экспериментов, включающих измерение фактического гранулометрического состава продукта после измельчения, оценку удельных энергозатрат на единицу массы готового продукта и анализ износа внутренних поверхностей. Также необходимы дальнейшие исследования для оптимизации конструкции. Данная модификация аппарата является лишь его прототипом и требует дальнейшей модернизации.

Список литературы

1. Патент №2166993 РФ. Способ вихревого измельчения материалов и устройство для его осуществления / Б.И. Заславский, Н.Н. Денисов, К.В. Миронова, Б.В. Юрьев. – Заявка №99106604/03 от 25.03.1999; опубл. 20.05.2001, Бюл. №14.
2. Патент №2118911 РФ. Струйно-вихревая камера / Б.И. Заславский, Н.Н. Денисов, К.В. Миронова, Б.В. Юрьев. – Заявка №96101967/03 от 06.02.1996; опубл. 20.09.1998, Бюл. №26.
3. Ишутин А.Г., Веригин А.Н., Джангирян А.В. Мехатронные технологические комплексы обработки дисперсных материалов. – СПб.: Медиапапир, 2024. – 426 с.

Сведения об авторе:
Брайнин Даниил Глебович – студент.