

УДК 621.926.34

**В.С. Богданов**

Доктор технических наук, профессор БГТУ им. В.Г. Шухова

г. Белгород, РФ

**А.С. Теницкий**

Магистрант 2 курса БГТУ им. В.Г. Шухова

г. Белгород, РФ

E-mail: aleksei.tenitskij@yandex.ru

## **АНАЛИЗ И ВОЗМОЖНЫЕ ВАРИАНТЫ ИСПОЛНЕНИЯ ВНУТРИИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ КЛАССИФИЦИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ ТРУБНОЙ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ Ø3.2x15М.**

### **Аннотация**

Совершенствование производства на базе научных и опытно - конструкторских разработок является приоритетным направлением развития предприятия. Мельницы широко применяют для помола различных строительных материалов: цементного клинкера, известняка, гипса, угля, руды. В данной статье была рассмотрена возможность усовершенствования трубной мельницы чтобы повысить эффективность процесса измельчения и качества продукции.

### **Ключевые слова:**

Цементная промышленность; Производство цемента; Трубная шаровая мельница; Модернизация мельницы; Разработка оборудования;  
Классифицирующее устройство.

Конструктивное исполнение и технология изготовления внутризмельчительных устройств определяются исходя из возможных условий их изготовления, ремонта (машиностроительные, ремонтные предприятия; ремонтные цеха предприятий ПСМ ) и условий эксплуатации.

Первым вариантом выполнения корпуса внутризмельчительного классифицирующего устройства цилиндрической формы является его сборка из износостойкой полый и открытой по торцам перфорированной бронефутеровки со сквозными классифицирующими отверстиями. Бронефутеровка образует в каждом ряду винтовые закрытые каналы, сообщающиеся с разгрузочной частью через отверстия в разгрузочной решётке. Для увеличения межремонтного периода для ВКУ, обеспечения постоянства технологических характеристик и снижения стоимости изготовления перфорированную бронефутеровку целесообразно изготавливать биметаллической, состоящую из износостойкого рабочего слоя и пластичной металлической основы (рис. 1).

Рабочий слой и пластичная металлическая основа образуют биметаллическую пару соединением пластичной металлической основы с изнашиваемой стороной рабочего слоя. Соединение обеспечивается расплавом пластичной стальной основы. В рабочем слое выполняются сквозные отверстия, проходящие через его изнашиваемую и изнашиваемую стороны, которые расширяются в направлении изнашиваемой стороны и заполняются металлом пластичной основы.

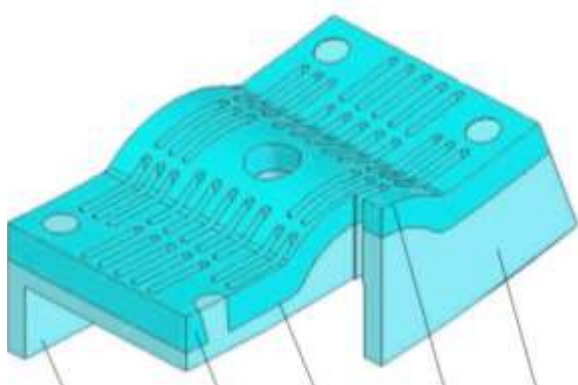


Рис. 1. Биметаллическая конструкция



Рис. 2. Схема соединения

Профиль сквозных отверстий может иметь различную форму. Классифицирующие отверстия в рабочем слое выполняются соосными соответствующим отверстиям пластичной стальной основы, расширяются в направлении к ним и не превышают их в размерах поперечного сечения. Перфорированная бронефутеровка изготавливается путём заливки пластичной стальной основы в форму, с расположенным в её полужоформе рабочим слоем, выполненным с вышеуказанными отверстиями. Механическая обработка незнашиваемой стороны рабочего слоя не является обязательной. Заполнение стальной пластичной основой сквозных отверстий в рабочем слое позволяет получить надёжное соединение биметаллической пары, равномерно распределить нагрузки с рабочего слоя на пластичную стальную основу. Это позволяет уменьшить величину напряжений, возникающих в рабочем слое, разрастание трещин, возникающих в месте сплавления пластичной основы с рабочим слоем, исключить их расслоение. Надёжное соединение биметаллической пары позволяет изготавливать стальную основу и рабочий слой без ограничения их толщин, исходя из условий эксплуатации.

Другая разработанная разъёмная конструкция перфорированной бронеплиты обеспечивает расширенные возможности изготовления, ремонтнопригодна, позволяет улучшать свойства пластичности пластичной основы и износостойкости рабочего слоя (рис. 2), снижает стоимость её изготовления и ремонта. Каждая бронеплита состоит из износостойкого рабочего слоя и пластичной основы, неподвижно соединённых с прилеганием поверхностей контактирующих сторон соединительными элементами, которые в зависимости от величины и характера действующих нагрузок могут быть заклёпочными или резьбовыми. При необходимости между износостойким рабочим слоем и пластичной основой могут устанавливаться прокладки, а соединительные элементы между собой могут

фиксироваться сваркой. Классифицирующие отверстия в рабочем слое выполняются соосными соответствующим отверстиям пластичной основы, расширяются в направлении к ним и не превышают их в размерах поперечного сечения. Рабочий слой и пластичная основа могут быть изготовлены литьём, штамповкой или другими способами (пластичная основа, например, сварной конструкции с дальнейшей её механической обработкой), с последующими индивидуальными режимами их термической обработки, обеспечивающими требуемые свойства. Указанные способы соединения являются более простыми по сравнению с литьём, их применение не приводит к ухудшению свойств пластичности пластичной основы и износостойкости рабочего слоя, позволяет использовать для их изготовления неметаллические материалы. Их применение для изготовления перфорированных бронеплит из рабочего слоя и пластичной основы, ремонт возможны в условиях эксплуатирующего предприятия. При длительной эксплуатации перфорированных бронеплит их рабочий слой может быть изношен до состояния, не обеспечивающего необходимый режим движения МТ, либо с чрезмерно увеличившимися классифицирующими отверстиями. В этом случае они демонтируются из корпуса мельницы и в условиях ремонтно-механического цеха предприятия у них отделяется изношенный рабочий слой и заменяется на новый.

Вторым вариантом выполнения обечайки внутриизмельчительного классифицирующего устройства является его каркасная конструкция. Фрагмент бронефутерованной каркасной обечайки устройства приведён на рис.4. Поверхность каркаса футеруется перфорированными бронеплитами (рис. 3). По концам каркасная обечайка опирается на кольцевые диски, а между ними – на лопасти винтового транспортирующего многозаходного устройства, прикреплённые к корпусу. Перфорированные бронеплиты имеют износостойкий слой и пластичную основу с классифицирующими отверстиями, изготовленные и соединённые описанными ранее способами. Сборка бронеплит, кольцевых дисков, винтового транспортирующего

многозаходного устройства в конструкцию классифицирующего устройства осуществляется внутри корпуса мельницы разъёмными соединениями, либо их сочетанием с неразъёмными.

Третьим вариантом выполнения обечайки внутриизмельчительного классифицирующего устройства является его колосниковая конструкция.

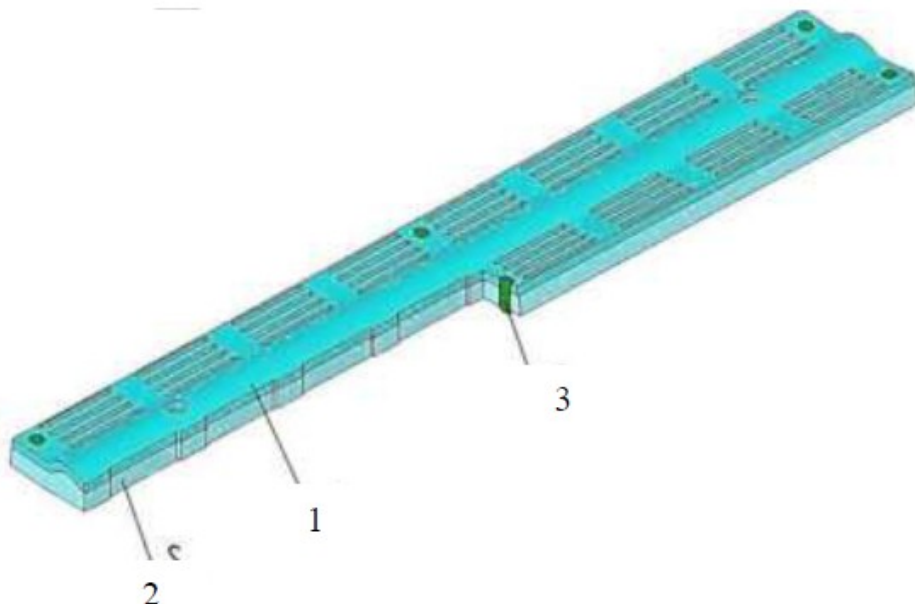


Рис. 3. Составная конструкция перфорированной бронеплиты: 1 – рабочий слой, 2 – пластичная основа, 3 – соединительные элементы

Конструкция обладает повышенной износостойкостью, ремонтпригодна, обеспечивает постоянство эксплуатационных характеристик, позволяет снизить стоимость ремонта. Фрагмент обечайки, состоящей из колосников, неподвижно соединённых через дистанционные вставки, приведён на рис. 5. Колосниковая обечайка прикреплена по концам к кольцевым дискам, а между ними – к лопастям винтового транспортирующего многозаходного устройства, прикреплённых к корпусу. Форма обечайки классифицирующего устройства, в зависимости от необходимых технологических особенностей процесса измельчения материала, может быть как цилиндрической, так и конусообразной. При цилиндрической форме обечайка выполняется набором

колосников эллипсного профиля, расположенного большей осью радиально корпусу мельницы.

Эллипсная форма профиля колосников является предпочтительной. Однако, исходя из возможных условий, профиль колосника может иметь форму трапеции, круга или правильного многоугольника, ориентированного вершинами в места наименьшей ширины отверстий между колосниками. Продольные оси колосников

расположены параллельно продольной оси корпуса ШМ и равноудалены от нее.

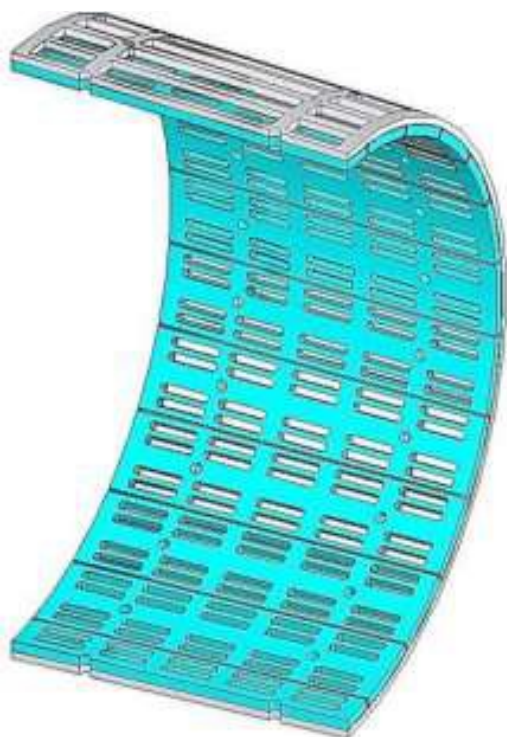


Рис.4. Фрагмент перфорированной обечайки каркасной конструкции:

1 – каркас, 2 – перфорированная бронефутеровка



Рис.5. Фрагмент перфорированной обечайки колосниковой конструкции:

1 – колосник,  
2 – дистанционная

Колосники по всей длине могут иметь углублённые в них износостойкие продольные элементы, плоскостью симметрии каждого из которых является плоскость, проходящая через продольную ось колосника и малую ось его эллипсного сечения. Продольные элементы выполнены в виде пластин из износостойкого материала; закреплены в колоснике неподвижно, например

заклёпками и с внешней стороны ограничены образующей боковую поверхность колосника. Дистанционные вставки обеспечивают между рядом расположенными продольными элементами соседних колосников наименьший зазор с шириной, соответствующей крупности классифицируемых частиц материала. Жёсткое закрепление колосников на внутренней поверхности винтового транспортирующего многозаходного устройства и по отношению друг к другу позволяет уменьшить напряжения, возникающие в колосниках от динамического воздействия на них МТ. Это способствует повышению их эксплуатационной надёжности, увеличению срока эксплуатации. Жёсткое прикрепление колосников друг к другу через дистанционные вставки осуществляется, например, заклёпочными соединениями через соосные технологические отверстия в колосниках, дистанционных вставках и продольных элементах, или иными способами. Это обеспечивает распределение на цилиндрическую перфорированную обечайку в целом динамических нагрузок от мелющих тел, воздействующих на отдельные колосники, повышает ее эксплуатационную надёжность. Расстояние между дистанционными вставками в продольном направлении определяется величиной динамических нагрузок со стороны МТ, прочностными характеристиками колосников. При проектировании устройства целесообразен расчёт на компьютере по разработанной методике действующих нагрузок и возможных перемещений в колосниках. Ширина наименьшего зазора между продольными элементами определяется максимальным размером частиц материала, которые могут подаваться в расположенную за устройством камеру. Эллипсный профиль колосников и их ориентация большими осями в радиальном направлении позволяют при заданной площади поперечного сечения колосника обеспечить максимальную величину момента его сопротивления в радиальном направлении. Кроме того, эллипсный профиль колосников обеспечивает необходимый коэффициент сцепления с МТ, защищает от их воздействия продольные износостойкие элементы. Поэтому основным требованием к

продольным элементам является высокая износоустойчивость, они могут обладать меньшей ударной прочностью, предъявляемой к колосникам. Соотношение большой и малой осей эллипсного профиля колосников определяется свойствами измельчаемых материалов, диаметром футерованной перфорированной обечайки, характеристиками МТ, коэффициентом их загрузки. При длительной эксплуатации устройства его колосники могут быть изношены до состояния, не обеспечивающего необходимый режим движения МТ, зазор между ними может измениться до величины, превышающей область его рациональных значений. В этом случае колосники демонтируются из корпуса мельницы и в условиях ремонтно-механического цеха предприятия могут подвергнуться ремонту. У них отделяют продольные элементы, дистанционные вставки и заменяют на новые. Затем колосники поворачивают вокруг их продольных осей на  $180^\circ$ , устанавливая на прежние места и закрепляют.

Существующая стержневая конструкция внутриизмельчительного энергообменных устройств позволяет изготавливать её в условиях ремонтно-механического цеха эксплуатирующего устройства предприятия. Для увеличения срока службы ЛЭУ целесообразно использовать стержни из износостойких металлов, сварка которых в обычных условиях, как правило, не обеспечивает надёжного соединения. В случае механического соединения стержней ЛЭУ его изготовление осуществляется аналогично рассмотренному для классифицирующего устройства способу. В рядом расположенных стержнях ЛЭУ, попарно и соосно, перпендикулярно их продольным осям выполняются сквозные ступенчатые отверстия. Затем каждая пара стержней соединяется через соосные ступенчатые отверстия заклёпками, с установкой между ними дистанционных пластин с отверстиями для прохождения заклёпок. Поверхности пластин, в месте их прилегания к стержням, повторяют профили поверхностей стержней.

При изготовлении конструкций энергообменных устройств из продольных секций, выполненных способом литья, исходя из повышения



износостойкости ЛЭУ, ремонтпригодности, увеличения длительности эксплуатации между ремонтами, обеспечения постоянства их технологических характеристик и снижения стоимости изготовления устройства целесообразно изготавливать биметаллическими – из износостойкого рабочего слоя и пластичной металлической основы.

Реализация преимуществ при установке классифицирующих и энергообменных устройств в ШМ помольных комплексов обеспечивает повышение эффективности их работы, выражающейся в снижении удельного расхода электроэнергии на и повышении производительности на при измельчении материалов различной крупности и размалываемости.

Особенности конструкций классифицирующих устройств обеспечивают определённые преимущества в зависимости от типоразмера мельницы, стадии использования, используемого цикла измельчения (открытого или замкнутого), требований технологического регламента предприятия, характеристик измельчаемых материалов. При выборе вида разработанных внутриизмельчительного устройств для установки в ШМ целесообразно исходить из характеристик крупности и размалываемости измельчаемых материалов.

## Список литературы:

1. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001. – 902 с.
2. Банит Ф.Г., Несвижский О.А. Механическое оборудование цементных заводов: учеб. для техникумов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1975. – 318 с.
3. Богданов В.С., Булгаков С.Б., Федоров Г.Д. Технологические комплексы предприятий промышленности строительных материалов: Учебник для студентов вузов по специальности «Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий промышленности строительных материалов» – Белгород, «Везелица», 2007. – 446 с.
4. Герасименко В.Б., Чемеричко Г.И., Фадин Ю.М. Пособие для выполнения выпускных квалификационных работ (дипломных проектов) для студентов специальности 171600 – Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 87 с.
5. Белов С.В. и др. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие для вузов. – 2-е изд. – М.: Высшая школа, 1999. – 448 с.
6. Демура Н.А. Методические указания к выполнению экономической части выпускной квалификационной работы для студентов направления бакалавриата 151000 – Технологические машины и оборудование – Белгород: Изд-во БГТУ 2014. – 38 с.
7. Ельцов М.Ю., Хахалев П.А. Основы расчета изделия на прочность в приложении NX Расширенная симуляция: учеб. пособие – Белгород: Изд-во БГТУ 2014. – 207 с.
8. Журавлев М.И., Фоломеев А.А. Механическое оборудование предприятий вяжущих материалов и изделий на базе их. – М.: Высшая школа, 1983. – 231 с.