

# ОБОРУДОВАНИЕ НЕПРЕРЫВНОГО ДЕЙСТВИЯ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ СЫПУЧИХ МАТЕРИАЛОВ В ЛИТЕЙНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Опыт Физико-технологического института металлов и сплавов (ФТИМС НАН Украины, г. Киев) по конструированию оборудования для литейного производства и металлургии свидетельствует, что больше всего нестандартных решений требует оборудование для переработки сыпучих материалов. В частности, для оборота песка и других сыпучих формовочных смесей при операциях их охлаждения и регенерации, с целью получения стабильного качества этих материалов (при уровне вторичного использования не менее 95%), с учётом компактности, простоты изготовления и обслуживания установок, понижения их энергоёмкости, а также при предотвращении таких ухудшений условий труда в цехе, как пыле- и шумовыделение. По техническим решениям такое оборудование часто не имеет аналогов в литейном производстве и металлургии. Оно запатентовано ФТИМС как изобретения или полезные модели, а его описанные ниже примеры могут быть использованы для многих переделов, включающих операции с использованием песка, песчаных смесей и других сыпучих материалов в ряде отраслей промышленности. К тому же, описания конструкций и принципов работы подобного оборудования практически не публикуются в отечественной технической литературе, что не способствует распространению прогрессивных технологических процессов.

Рассмотрим подробнее принципиальные схемы производимого институтом ФТИМС оборудования, которое по методу обработки сыпучего материала относится к проходному типу или к оборудованию непрерывного действия. Для участков с использованием сыпучих формовочных смесей, в частности, для литья по газифицируемым моделям, широко применяют способ охлаждения в псевдооживленном слое. Этот слой, ещё называемый «кипящим», представляет собой гетерогенную систему, состоящую из слоя частиц кварцевого песка и потока воздуха, проходящего сквозь слой частиц и создающего интенсивное их перемешивание, напоминающее «вязкую кипящую жидкость». При соответствующих температурах и газовых составляющих кипящий или псевдооживленный слой имитирует теплопроводные, изотермические и диффузионные свойства жидких сред, создавая в установках проходного типа условия для получения равномерного охлаждения теплообменом с воздушным потоком главным образом – за счёт принудительной конвекции.

На рис. 1 показан технологичный элемент охладителя в псевдооживленном слое производительностью от 1 до 6 м<sup>3</sup>/ч., в котором в качестве хладагентов применяются воздух и вода. Установка состоит из трёх отсеков секторов, нижний – воздушный, средний – охлаждающий, верхний – сепарирующий. Тепло от горячего песка отбирается охлаждённым воздухом, подаваемым в установку вентилятором по трубопроводу 1 с регулируемыми затворами 2. А охлаждение воздуха происходит за счёт прохождения его между трубами 3 в виде змеевика, через которые протекает вода, подаваемая из водопроводной или водооборотной системы. Охлаждённый

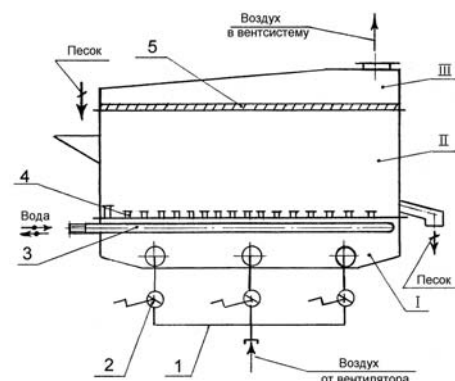


Рис. 1. Установка охлаждения песка в псевдооживленном слое.

Состоит из трёх отсеков секторов: I – нижний воздушный, II – средний охлаждающий, III – верхний сепарирующий: 1 – трубопровод, 2 – затворы, 3 – трубы в виде змеевика, 4 – патрубки-грибки, 5 – «отбивная» решётка.

ный воздух через патрубки-грибки 4 восходящим потоком при определённой (называемой в гидродинамике этого процесса критической) скорости подаётся в зону охлаждения и переводит слой подаваемого песка в полувзвешенное состояние, которое приобретает свойства текучести. В промежутке между двумя стенками отсека (с одной торцевой стенки горячий песок подаётся, а с другой – отводится) за счёт поступающего из отверстий грибков 4 холодного воздуха в нижней стенке отсека создаётся псевдооживленный слой. Для задержания песка от уноса с восходящим потоком воздуха в верхней части отсека установлена «отбивная» решётка 5, через которую очищенный воздух отводится в вентиляционную систему цеха.

Особенностями кипящего слоя являются его большая теплоёмкость и теплопроводность. Интенсивная циркуляция частиц, объёмная теплоёмкость которых на порядки превышает объёмную теплоёмкость воздуха, иногда не позволяет обеспечить требуемую скорость охлаждения, ведёт к удлинению установок свыше 5 - 6 м и к увеличению их энергоёмкости. Поэтому ниже приведены две конструкции установок комбинированного охлаждения путём сочетания двух хладагентов – воздуха и воды. Причём в воздухе, перед его соприкосновением с сыпучим материалом, дозировано распыляется вода (создаётся водо-воздушная дисперсия) в количестве, не препятствующем сохранению сыпучести песка.

На рис. 2 показана установка охлаждения сыпучего формовочного материала, которая представляет собой сварную металлическую конструкцию, состоящую из внутреннего водоохлаждаемого корпуса 2 и наружного корпуса 5, внутри которого расположены отражающие пыль кольца 3 и воздухоподводящий патрубок 4 с конусными экранами на разных уровнях. Вверху внутреннего корпуса устанавливается сетчатый колпак 1, отсеивающий крупные включения из формовочного материала.

Водоохлаждаемый корпус 2 сварен в виде трубы, к верхней части которой приваривается коническая воронка, а нижняя стенка выполнена плоской. Между ними приварен

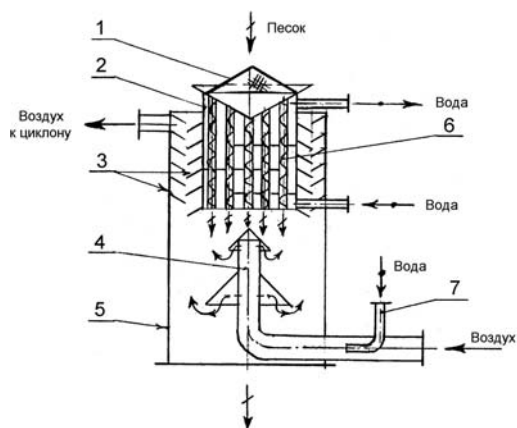


Рис. 2. Установка охлаждения сыпучего формовочного материала комбинированным способом. 1 – сетчатый колпак, 2 – водоохлаждаемый корпус, 3 – отражающие пыль кольца, 4 – воздухоподводящий патрубок, 5 – наружный корпус.

ряд вертикальных труб. Внутренняя часть корпуса поделена на секции перегородками из листового материала для создания турбулентных потоков воды, омывающей трубы. Вода, подаваемая в нижнюю подводящую трубу, проходит между трубами и отводится через верхнюю боковую трубу.

Песок через сетку 1 попадает в воронку, делится на потоки и проходит через многочисленные водоохлаждаемые трубы корпуса 2. Для увеличения пути и продолжительности контакта горячего сыпучего материала со стенками труб, в них вложены спирали из листового материала, служащие склизом для песка. Шаг спирали выбран таким, чтобы песок по ним скатывался под углом, превышающим угол его естественного откоса. За счёт приобретения тангенциальной составляющей, песчинки, скользя и перекатываясь по спирали, всегда контактируют с металлом трубы и спирали, таким образом охлаждаясь. Просыпаясь через трубки водоохлаждаемого корпуса, песок попадает в наружный корпус, в котором навстречу песку подается увлажнённый воздух через воздухоподводящий патрубок 4. Воздух от вентилятора подается в патрубок, и в него же подается струйка воды из расчета  $50 - 100 \text{ мм}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  воздуха. Верхний отводящий патрубок наружного корпуса соединяется с циклоном и вытяжкой цеховой вентиляционной системы.

Таким образом, песок, охлажденный первоначально в водоохлаждаемых трубах, дополнительно охлаждается встречным потоком увлажнённого воздуха. Частично уносимый объём песка отбивается отражательными кольцами 3, а пылевидные частицы осаждаются в циклоне. Песок в установке не только охлаждается, но и очищается от нежелательной пылевидной части для литья по газифицируемым моделям. Описанная установка отличается компактностью и рекомендуется для небольших формовочных участков.

Установка охлаждения барабанного типа, показанная на рис. 3, состоит из цилиндрического вращаемого полого корпуса 9, в полость которого с одного конца по питателю 11 подается горячий песок (сыпучий формовочный материал), а на другом конце имеется разгрузочное отверстие. Из него охлажденный песок попадает в приёмный бункер 2. Перемешивание и подача охлаждаемого материала осуществляется спиральной лопастью с лопатками 10, которые изготовлены из листового металла. Наружная поверхность внутреннего корпуса 9 охлаждается водой, которая находится между ним и водяной рубашкой 8. Вода подается по водоподводящему

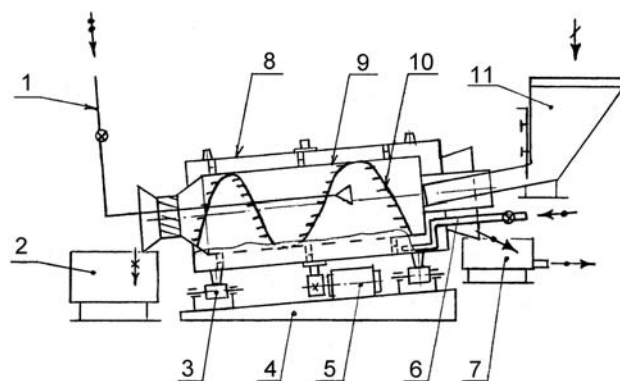


Рис. 3. Установка охлаждения барабанного типа. 1 – система подачи воды с распылителем, 2 – приёмный бункер, 3 – опорная система, 4 – станина, 5 – привод, 6 – водоохлаждающий канал, 7 – бак водооборотной системы, 8 – водяная рубашка, 9 – цилиндрический вращаемый корпус, 10 – спиральная лопасть с лопатками, 11 – питатель.

каналу 6, а сливается в бак 7. Внутренний корпус 9 и водяная рубашка представляют собой цельную конструкцию, расположенную под углом. Такое расположение, а также конструкция слива обеспечивают заполнение более 50% промежуточного пространства водой между стенками корпуса и водяной рубашки, обычно в технике называемыми двумя барабанами с одной осью вращения. Дополнительно предусмотрена система подачи водо-воздушной смеси через канал 1 с распылителем. Вода подается из расчета  $50 - 100 \text{ мм}^3$  на  $1 \text{ м}^3$  воздуха для сухого песка, а также в большем количестве, если барабанная установка применяется для сырых формовочных смесей. Барабанный корпус с водяной рубашкой установки через опорную систему 3 с роликами установлен на станине 4 и приводится во вращение (5 - 10 об./мин.) приводом 5. Изменяя диаметр и длину водяной рубашки 8 и внутреннего корпуса, а также их наклон и скорость вращения, получают производительность охлаждения формовочной смеси от 2 до  $6 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Для предотвращения замерзания воды имеется водоспускная система.

В линиях регенерации песка описанным установкам предшествует вибросито, разработанная конструкция которого показана на рис. 4. Она состоит из следующих частей: корпуса 1 из листового материала, вибродеки 2 с одной или двумя сеточными полотнами и фартуком. На вибродеку устанавливается электровибратор 3. Дека имеет заднюю эластичную опору 4 и переднюю шарнирную 7. Ниже фартука

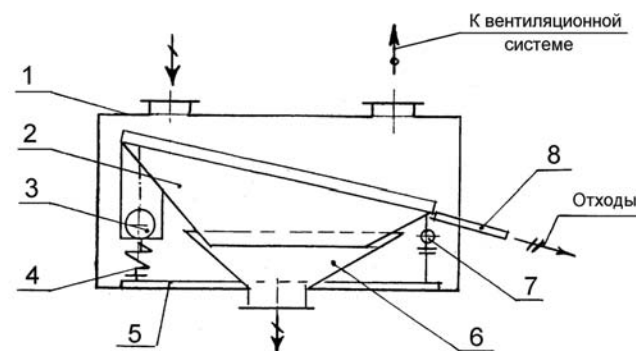


Рис. 4. Вибросито. 1 – корпус, 2 – вибродека, 3 – электровибратор, 4 – эластичная опора, 5 – станина, 6 – воронка, 7 – шарнирная опора, 8 – лоток.

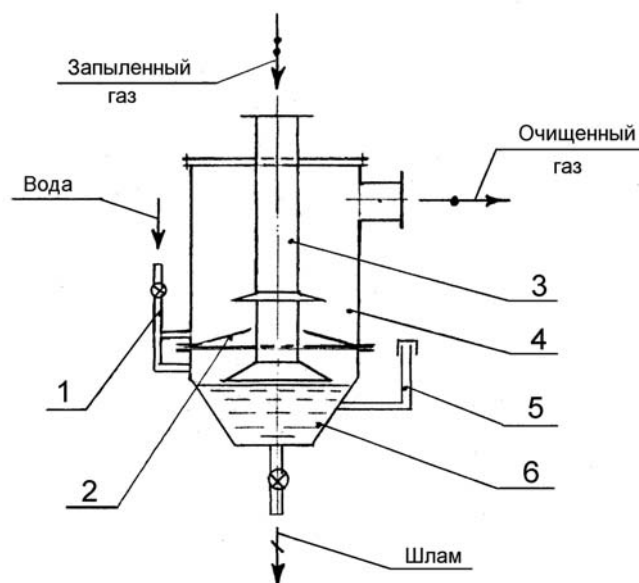


Рис. 5. Осадитель жидкостный. 1 – система циркуляции воды, 3 – труба, 4 – корпус, 5 – контрольная трубка, 6 – донная часть.

деки находится воронка 6, из которой подаётся просеянный песок. Все вышеперечисленные элементы крепятся к станине 5. Отходы по лотку 8 отводятся в сторону. Сверху кожуха 1 имеются два отверстия. Через отверстие, показанное слева на рис. 4, подаётся на сетчатые полотна деки песок, а другое отверстие (справа) присоединяется к вытяжной вентиляционной системе для отсоса пылевидных частиц, которые из-за вибрации деки и удара частиц песка о воронку поднимаются вверх и уходят в систему отсоса и осаждения. Очищенный песок через отверстие воронки 6 высыпается вниз в тару или в приёмное отверстие следующей установки проходной линии регенерации. Амплитуда и усилие вибрации регулируются разводкой (взаимным расположением) грузов дебалансов вибратора. Отличительным достоинством конструкции вибросита является то, что одновременно с удалением крупных включений из просеиваемого песка осуществляется вентилирование с удалением пылевидной составляющей без попадания её в атмосферу цеха.

Отработанный воздух, отходящий от установок линии охлаждения песка, нуждается в очистке, для чего сконструирован осадитель жидкостный, показанный на рис. 5. В нём используется принцип разности кинетической энергии молекул газа и пылевидных включений в движущемся потоке. Загрязнённый газовый поток через трубу 3 крышки попадает в полость корпуса 4. Дефлектор на конце трубы направляет поступающий поток на воду, залитую в донную часть 6 осадителя через систему 1 циркуляции воды. За счёт разности энергий включения и пылевидная часть при повороте газового потока оседают в воде и скапливаются. Накопившийся шлам спускается через сливную трубу дна 6 осадителя. Уровень воды при заливке контролируется по контрольной трубке 5 и должен быть ниже уровня дефлектора. Захваченные потоком газа капельки воды отбиваются сетчатым водоотражателем 2 верхним экраном и верхним дефлектором трубы крышки 3. Осаждённая вода через систему водоциркуляции вновь попадает в дно. Очищенный газ через боковое отверстие в верхней части корпуса 4 отводится к следующему технологическому оборудованию: к насосу, расширителю и т.д.

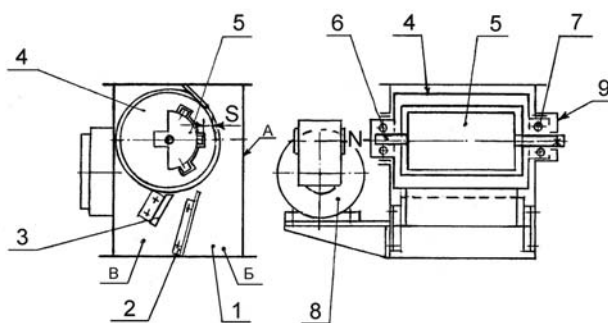


Рис. 6. Магнитный сепаратор. 1 – корпус, 2 – перегородка, 3 – скребки, 4 – барабан, 5 – магнитная система, 6, 7 – опоры, 8 – привод.

Перед подачей песка на операции просеивания и охлаждения его подвергают магнитной сепарации. Магнитный сепаратор, показанный на рис. 6, предназначен для улавливания магнитных металлов из формовочного материала. Он состоит из корпуса 1 прямоугольной формы с бортами сверху и снизу. В корпусе на опорах 6 и 7 крепятся внутренние части 4 и 5. Барабан 4 через подшипники установлен в корпусе 1. Один конец барабана через муфту соединён с приводом 8, при помощи которого вращается. Внутри барабана, на подшипниковых узлах установлена магнитная система 5. Между барабаном 4 и магнитной системой 5 имеется воздушный зазор. Угловое положение магнитной системы относительно стенки А корпуса 1 вращением вокруг горизонтальной оси регулируется установочным узлом 9. Магнитное поле, создаваемое постоянными магнитами в секторе 130 - 150°, притягивает к поверхности вращающегося барабана металлические магнитные частицы. Перегородка 2 делит нижнюю часть корпуса на два канала – Б и В. В нижней части скребки 3 отделяют удерживаемые магнитным полем на барабане частицы и сбрасывают в канал В, а очищенный песок проходит через канал Б.

Конструкция опорных узлов предотвращает контакт стенки барабана с магнитной системой. Воздушный зазор S между ними путём уменьшения теплопередачи защищает магнитную систему от перегрева при сепарировании нагретого формовочного материала и предохраняет от размагничивания, что позволяет подвергать магнитной сепарации сразу высыпанный из формы песок при высокой температуре на этапе операции выбивки формы.

Таким образом, описанное оборудование имеет ряд новых технических решений на уровне изобретений, отличается многофункциональностью с точки зрения возможности изолирования пылящих процессов от рабочей зоны цеха, монтирования в линии непрерывного действия даже вне помещения цеха, а также рекомендовано для переработки других, кроме песка, сыпучих материалов.

Всё оборудование сравнительно несложное в изготовлении и обслуживании, легко комплектуется в линии различной производительности и степени автоматизации. Оно вместе с постоянно совершенствуемыми технологиями литейного производства, отрабатываемыми на собственной опытной базе и в цехах заводов, представляет высокотехнологичный законченный инновационный продукт как значительное достижение научно-технической литейной школы ученых технологов и конструкторов, сложившейся во ФТИМС в течение последних десятилетий.

К.Х. Бердыев, инж., гл. конструктор,

В.С. Дорошенко, к.т.н., старший научный сотрудник ФТИМС НАНУ.