

Б.Н.Маймур, В.И.Петренко, И.Г.Муравьева, С.В.Ващенко

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА МЕТОДОВ И СРЕДСТВ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВАЛКОВЫХ ПРЕССОВ

Проанализировано влияние различных факторов на повышение эффективности работы валкового пресса. Разработана и представлена в виде структурной схемы методология выбора рациональных путей повышения производительности пресса. Показано, что реализация разработанного алгоритма в виде программного продукта позволит при конструировании прессов учесть все возможности повышения производительности агрегата для каждого вида брикетируемой шихты.

валковый пресс, брикетирование, производительность, шихта, методология, структурная схема.

Состояние вопроса и постановка задачи исследования.

Разработка и изготовление отечественных высокопроизводительных валковых прессов – актуальная научно–техническая задача, от решения которой зависит расширение объемов внедрения брикетных технологий в металлургической, угольной и других отраслях промышленности Украины. Высокая стоимость прессов и запчастей к ним, выпускаемых зарубежными фирмами (Кепперон, Бепекс, Замет и др.), затрудняет их приобретение, особенно небольшими предприятиями.

Валковые пресса конструкции ИЧМ [1], успешно эксплуатируемые в настоящее время на ряде украинских и российских предприятий, по производительности (5 – 10 т/час) не всегда удовлетворяют потенциальных потребителей. Чаще всего требуются пресса производительностью не менее 20–30 т/час. Для достижения заданной производительности пресса необходимо учитывать ряд условий. Уплотнение шихты при брикетировании, приводящее, в конечном счете, к получению из мелкофракционной шихты прочного кускового материала с требуемым комплексом свойств – это сложный многофакторный процесс, на результат которого влияют как физико–механические характеристики шихты, так и условия ее деформации и конструктивные решения прессующего оборудования.

Выбор брикетируемого материала определяется потребностями конкретного производства, а его свойства часто уже определены условиями получения и хранения. При организации технологического процесса следует стремиться к обеспечению оптимального гранулометрического состава шихты, её сыпучести, пластичности. Сыпучесть материала – комплексная характеристика, зависящая от насыпной плотности, гранулометрического состава, формы и состояния поверхности частиц и т.д. Часто определяющим фактором плохой сыпучести является повышенная влажность исходных шихтовых материалов, поэтому выбор оптимальной влажности имеет большое значение. Анализ процесса прессования порошкообразных материалов показывает, что сыпучесть обычно уменьшается при уменьшении

размеров частиц, т.к. тонкие порошки обладают большей удельной поверхностью. Увеличивающееся межчастичное сцепление и трение усложняют заполнение калибров при повышении частоты вращения валков. Повышение сыпучести шихты достигается путем ее "структуризации" при введении связующего, что способствует образованию гранул. Брикетуемая шихта должна быть достаточно пластичной. Это не только облегчает формование брикетов и обеспечивает их прочность в сыром состоянии, но и уменьшает необходимое давление прессования, уменьшает износ прессующих поверхностей валков. Обеспечение перечисленных выше основных требований к подготовке шихты будет способствовать совершенствованию процесса брикетирования и повышению качества брикетов.

В реальных условиях требуется брикетировать материалы с самыми различными физико– механическими характеристиками и изменять их для оптимизации свойств шихты зачастую невозможно. Так, например, насыпная плотность шихты, от которой прежде всего зависит производительность пресса, в основном уже определена составом брикетуемого материала.

Изложение основных материалов исследования.

Бóльшие возможности управления процессом брикетирования и качеством брикетов предоставляются за счет правильного выбора схемы деформации шихты, технологических, энергосиловых и конструктивных параметров прессов. При выборе оптимальных условий процесса, определении условий достижения высокой производительности пресса следует учитывать как технологические, так и технические факторы. Можно выделить такие основные факторы, определяющие производительность валкового пресса.

1. Увеличение частоты вращения валков – легко реализуемый технически и достаточно результативный способ повышения производительности пресса. Однако, как показывает практика, эффективно он может применяться при брикетировании мелкофракционных материалов с насыпной плотностью 0,6 – 0,7 г/см³ и выше. Высокая дисперсность, низкая насыпная плотность, газонасыщенность некоторых шихт не позволяет без применения специальных технологических или конструктивных приемов достичь тех скоростей прессования, которые легко реализуются при брикетировании более крупнозернистых и тяжелых материалов.

2. Увеличение геометрических размеров валков – диаметра и ширины бандажей – позволяет увеличить массу брикетов, получаемых за один оборот за счет увеличения количества ячеек на формирующей поверхности. Этот прием применим для всех материалов, в том числе и имеющих низкую насыпную плотность. При увеличении диаметра валков можно достигнуть более высокого коэффициента уплотнения шихты. Однако этот способ также имеет границы применения. Мировой опыт разработки валковых прессов свидетельствует о том, что при увеличении диаметра валков свыше 1,0 – 1,2 м значительно увеличиваются габариты пресса, его металлоемкость, энергоемкость, усложняются конструктивные решения.

3. Увеличение плотности и объема брикетов за счет выбора конфигурации и размеров формирующих элементов валков также может служить приемом увеличения производительности пресса. Однако следует учитывать, что размер и форма брикета в ряде случаев определяются заранее условиями их дальнейшего технологического использования. При увеличении размера брикета производительность пресса растет только за счет заглабления калибров, а значительное заглабление требует более тщательного подхода к соблюдению размерных пропорций и обработке поверхности ячеек. Увеличение размеров брикета ухудшает равномерность распределения плотности, а стремление к достижению максимальной плотности может привести к перепрессовке, образованию трещин и ослаблению брикета. Поэтому вопрос целесообразности повышения производительности пресса за счет формы, размера и плотности брикетов должен рассматриваться в каждом конкретном случае с учетом свойств шихты.

4. Принудительная подача шихты в межвалковое пространство, изменение схемы ее деформации – фактор, способствующий повышению производительности пресса при брикетировании любой шихты, а при прессовании шихт с низкой насыпной плотностью, плохой сыпучестью применение этого приема, использование специальных подпрессовывающих устройств зачастую является единственной возможностью обеспечить эффективное протекание процесса и получить брикеты с требуемыми свойствами.

Подпрессовщики обеспечивают решение двух основных задач. Во-первых, улучшается равномерность распределения шихты по ширине валака. Неравномерность ее распределения при свободном истечении материала в валаки, в частности, вызванная трением о стенки, приводят к тому, что в крайних формирующих ячейках наблюдается недостаток материала, а в центральных – избыток. Это приводит к неравномерному износу валков, к колебаниям давления прессования в калибрах и, следовательно, получению брикетов, существенно различающихся по плотности и прочности. Во-вторых, обеспечивается предварительное уплотнение шихты перед ее окончательным обжатием в валаках. Подпрессовка позволяет подавать в каждую ячейку пресса большую массу материала. Кроме того, при подпрессовке происходит частичная дегазация шихты, что также способствует вовлечению большего количества шихты в валаки. Подпрессовка особенно необходима при увеличении частоты вращения валков пресса, когда ухудшаются условия заполнения ячеек шихтой. Следовательно, при создании прессов высокой производительности вопрос правильной организации подпрессовки заслуживает особого внимания.

Обобщение результатов ранее выполненных в ИЧМ и дополнительно проведенных теоретических и экспериментальных исследований закономерностей уплотнения мелкофракционных материалов с широким диапазоном физико-механических характеристик позволило сформировать системный подход и разработать методологию выбора рациональных путей

повышения производительности валковых брикетных прессов. Эта методология в виде структурной схемы представлена на рисунке. Данная схема позволяет для каждого конкретного материала, с учетом его физико– механических свойств, выбрать основные конструктивные решения и технические характеристики пресса, обеспечивающие необходимые производительность и конечную плотность брикетов. В схеме отражены все перечисленные выше способы повышения производительности пресса.

Физико–механические характеристики материала являются отправным пунктом при использовании схемы не только потому, что его насыпная плотность в первую очередь определяет производительность пресса. Ряд других показателей – гранулометрический состав, прочность материала частиц, влажность и т.д. – определяют выбор связующего, закономерности уплотнения шихты. Поэтому первоначально производится классификация подлежащих брикетированию материалов, разделение их по группам со сходными физико– механическими характеристиками, установление закономерностей уплотнения, характерных для каждой группы, в виде зависимости коэффициента уплотнения от давления прессования $K_y = f(P)$.

Определяющим и первоочередным показателем является производительность пресса, которая задается из условий обеспечения требуемого объема производства брикетов. Далее, согласно схеме, с использованием аналитических методов определяем, какие из условий уплотнения материала и схема очага деформации будут наиболее эффективны для условий брикетирования конкретной шихты.

Чрезвычайно важным фактором, на который помимо производительности пресса, следует обращать внимание при работе со схемой, является плотность брикетов, выраженная посредством коэффициента уплотнения. Этот показатель в значительной степени определяет качество брикетов – их прочностные свойства. Наиболее полно влияние совокупности свойств шихтовых материалов на процесс формирования брикетов отражается в функциональной взаимосвязи между давлением прессования и параметрами уплотнения. Графические зависимости $p = f(K_y)$ в виде кривых уплотнения или их аналитические выражения $p = aK_y^b$ (a и b – коэффициенты, зависящие от свойств шихты), являются необходимой составляющей для определения характеристик уплотнения – K_y , и $p_{бр}$, энергосиловых и конструктивных параметров прессового оборудования.

Рассмотрим и оценим возможности представленных на схеме путей влияния на производительность пресса. Увеличение частоты вращения валков не требует применения сложных технических и конструкторских разработок, при этом производительность пресса может возрасти в несколько раз. Однако, каждый материал, обладающий определенным комплексом физико– механических свойств, имеет свой допустимый диапазон скоростей прессования.

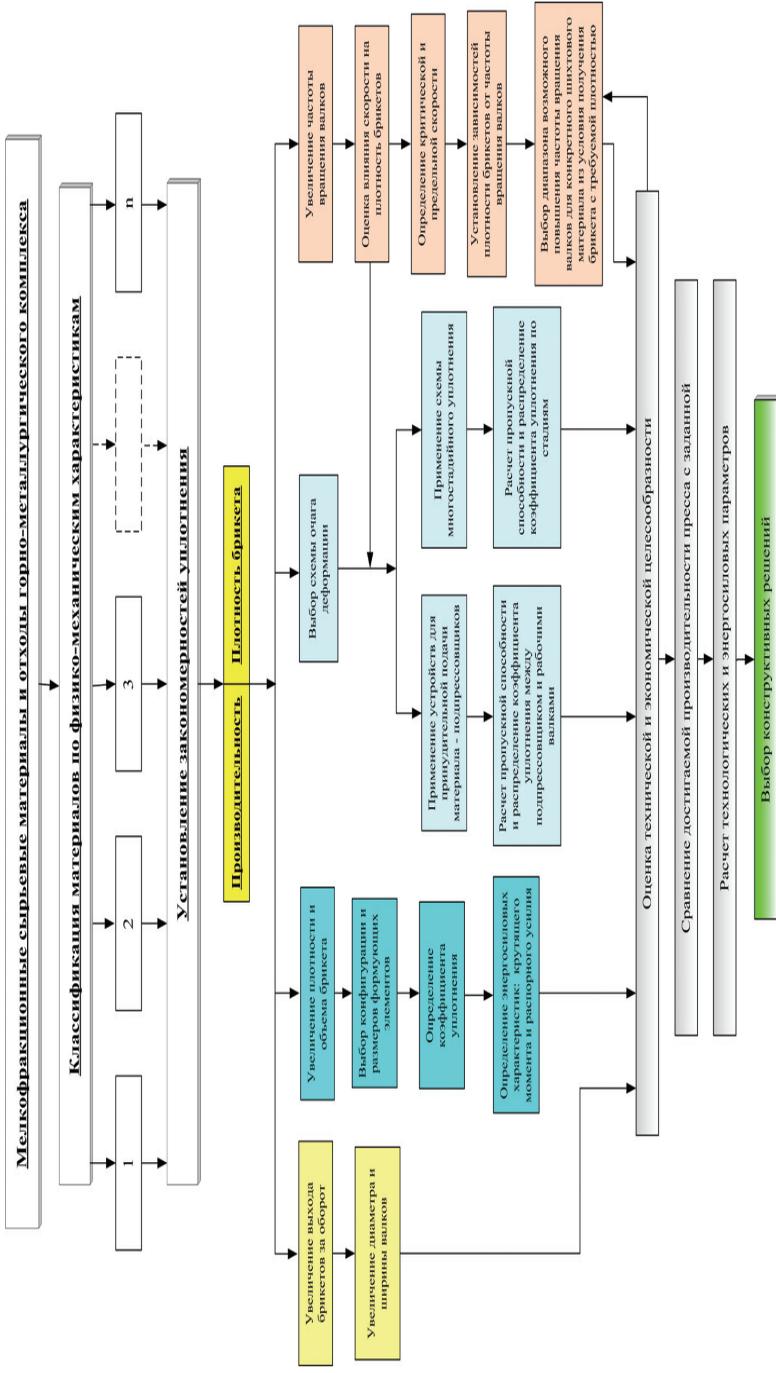


Рисунок. Структурная схема выбора рациональных путей повышения производительности валкового прессы

Полученные зависимости параметров уплотнения от частоты вращения валков позволяют для конкретного материала установить предельно допустимую скорость прессования, превышение которой вызывает снижение плотности, а, следовательно, и прочностных показателей брикетов [2]. Таким образом, оценка применимости этого направления заключается в установлении для материала с определенными характеристиками допустимой частоты вращения валков и достижения при этом необходимых значений производительности и плотности брикетов.

Если в выбранном для рассматриваемого материала диапазоне скоростей не удастся достичь заданной производительности и плотности, то следует рассмотреть другие методы, предусмотренные схемой, например, увеличение количества формирующих элементов на рабочей поверхности валка за счет увеличения его диаметра и ширины. Особенность этого метода заключается в том, что физико– механические свойства материала практически не влияют на относительное увеличение производительности. Он эффективен для самого широкого круга шихт. Увеличение диаметра валков ведет к удлинению зоны уплотнения и, как следствие, достижению более высоких коэффициентов уплотнения, а это предоставляет дополнительные возможности повышения частоты вращения валков. Таким образом, повышается производительность не только за счет количества брикетов, производимых в единицу времени, но и за счет увеличения их плотности, расширения скоростного диапазона прессования, что особенно важно для материалов с низкой насыпной плотностью. При выборе этого направления следует учитывать, что кроме общих оценочных показателей – производительности и плотности брикетов, существенным является соблюдение условий технической и экономической целесообразности. Увеличение габаритов, металлоемкости и энергосиловых параметров пресса усложняют его конструкцию, что требует дополнительных технических средств и финансовых затрат у предприятия–изготовителя, а также в процессе эксплуатации пресса при его обслуживании.

Следующим вариантом, обеспечивающим возможность повышения производительности, является увеличение плотности брикетов. Известно, что на напряженно– деформированное состояние шихты в очаге деформации, а следовательно, на характер уплотнения, силовые характеристики процесса существенное влияние оказывает конфигурация и размер прессующего инструмента [3, 4]. Как показали расчетно– теоретические исследования с учетом характеристик конкретных шихтовых материалов, повышение производительности путем изменения конфигурации и геометрических размеров калибров можно достичь в ограниченном диапазоне. Но использование этого направления весьма эффективно для достижения высокой плотности, которая, как правило, необходима для получения прочных брикетов. Кроме того, используя это направление, можно не только влиять на продуктивность прессового оборудования, но и на его энергосиловые характеристики.

Каждое из рассмотренных направлений имеет свои границы применения. Однако их последовательное пошаговое применение, либо использование различных комбинаций предусмотренных схемой операций значительно расширяет возможности повышения производительности пресса при сохранении качественных характеристик брикетов.

Наиболее радикальным направлением, которое обеспечивает широкий охват номенклатуры прессуемых материалов при всем многообразии их свойств и позволяет устранить негативные факторы, присущие другим указанным выше способам повышения производительности, является изменение схемы очага деформации. Применение дополнительных устройств для принудительной подачи материала в межвалковое пространство (подпрессовщиков) обеспечивает его предварительное уплотнение перед подачей в прессующие валки, в результате чего меняются его физико-механические характеристики, сопротивление деформации, коэффициенты внешнего и внутреннего трения. В каждую ячейку пресса подается большая масса шихты, по сравнению с гравитационной подачей. Вследствие этого распорное усилие между валками увеличивается и создаются условия для брикетирования с повышенным давлением, что способствует повышению плотности брикетов. Поступление в очаг деформации подпрессованного материала уменьшает негативное влияние дегазации шихты на процесс уплотнения при увеличении скорости прессования. Это позволяет расширить скоростной диапазон прессования, в первую очередь, для материалов с низкой насыпной плотностью. Применение этого направления в ряде случаев (материалы с низкой насыпной плотностью и высокой степенью дисперсности) является единственно возможным для обеспечения заданной производительности пресса. На основе предусмотренной схемой аналитической оценки возможности расширения скоростного диапазона валковых прессов за счет применения подпрессовщиков разного типа, анализа их технологических возможностей, конструктивных достоинств и недостатков осуществляется выбор вида устройств для подпрессовки.

Еще более эффективным представляется использование схем очага деформации, реализуемых при применении принципа многостадийного уплотнения. Это направление пока не имеет достаточного теоретического обоснования, не проведены глубокие аналитические и экспериментальные исследования процессов постадийного уплотнения. Однако возможность повышения производительности и обеспечения требуемой плотности практически для всех материалов, даже для тех, брикетирование которых на валковых прессах в данный момент считается невозможным, делает это направление перспективным и востребованным.

Следует отметить, что использование подпрессовщиков и схем с многостадийным уплотнением требует сложных конструктивных решений, точной настройки каждой из стадий прессования по массовому расходу материала, скоростному режиму, поэтому их предпочтительно применять при брикетировании материалов с низкой насыпной плотностью (менее 0,5

– 0,6 г/см³), для которых невозможно достичь необходимой плотности обжатием в одной паре валков.

Заключение. Анализ возможностей представленных на схеме направлений повышения производительности валковых прессов показал, что нет универсальных методов, которые могут обеспечить высокую эффективность во всем диапазоне физико–механических свойств подвергаемых прессованию материалов и при соблюдении технической и экономической целесообразности по таким показателям как металлоемкость, компактность, простота и удобство эксплуатации оборудования. Каждое из представленных направлений может использоваться при прессовании какой– то группы материалов. Отраженная в структурной схеме методологии предусматривает достижение цели – повышения производительности пресса – как используя каждое направление отдельно, так и совмещая, комбинируя различные направления. Приоритетность выбора каждого из представленных направлений определяется свойствами материала.

На базе представленной на рисунке схемы может быть составлен алгоритм выбора конструктивных решений валкового пресса с требуемой производительностью. Реализация этого алгоритма в виде программного продукта позволит при конструировании прессов для каждого вида брикетируемой шихты учесть все возможности повышения производительности агрегата с соблюдением требований к качеству брикетов.

С применением изложенной методологии в ИЧМ разработана конструкция и техническая документация на изготовление высокопроизводительного пресса (по брикетам из отсевов ферросплавов – до 60 т/час), предназначенного для брикетирования металлургических шихт, которые можно спрессовать без применения подпрессовщиков.

1. *Патент України № 88846 МПК В30В 11/00, В30В 3/00. Валковий прес для брикетування дрібнофракційних матеріалів. / В.О.Носков, Б.М.Маймур, В.І.Петренко. Заяв. 01.09.2008; Опубл. 25.11.2009. Бюл. 22, 2009.*
2. *Исследование влияния скорости уплотнения на результаты брикетирования мелкофракционных шихт в валковых прессах / В.А.Носков, К.В.Баюл, Б.Н.Маймур, В.И.Петренко. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. – № 3. – С.113–117.*
3. *Носков В.А., Баюл К.В., Харун И.В. Исследование уплотнения и напряженно-деформированного состояния мелкофракционных шихт в валковом прессе // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2006. – №4. – С.142–146.*
4. *Носков В.А., Баюл К.В. Оценка влияния конфигурации формирующих элементов на энергосиловые параметры брикетирования в валках // Фундаментальные и прикладные проблемы черной металлургии. Сб. научн. трудов ИЧМ НАН Украины. – Вып. 14. – 2007. – С.278–285.*

Б.Н.Маймур, В.І.Петренко, І.Г.Муравьева, С.В.Вашенко

Методологія вибору методів і засобів підвищення ефективності роботи валкових пресів

Проаналізовано вплив різних чинників на підвищення ефективності роботи валкового преса. Розроблено і представлено у вигляді структурної схеми методологія вибору раціональних шляхів підвищення продуктивності преса. Показано, що реалізація розробленого алгоритму у вигляді програмного продукту дозволить при конструюванні пресів врахувати всі можливості підвищення продуктивності агрегату для кожного виду шихти, що брикетується.