

В.А.Носков

РАЗВИТИЕ РАЗРАБОТОК ИЧМ В ОБЛАСТИ СОЗДАНИЯ ПРЕССОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ БРИКЕТИРОВАНИЯ МЕЛКОФРАКЦИОННЫХ ШИХТОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Рассмотрены конструкции ИЧМ валковых прессов для брикетирования. Приведены результаты исследований и испытаний прессов в процессе брикетирования, а также варианты усовершенствования их конструкций. Показана целесообразность и перспективность дальнейшего развития разработок.

Современное состояние вопроса.

Отмечая целесообразность и перспективность брикетирования как способа окускования мелкофракционных материалов, следует подчеркнуть, что внедрение этого процесса в производство сдерживается отсутствием в Украине опыта проектирования и серийного изготовления валковых прессов, являющихся основными машинами в составе технологического оборудования для производства брикетов. Поэтому разработки в направлении создания отечественного прессового оборудования для брикетирования представляют научно–технический интерес и имеют практическое значение.

В Институте черной металлургии (ИЧМ) разработки по брикетированию начали развиваться в 60–е годы минувшего столетия по идее и под научным руководством академика З.И.Некрасова. Идея заключалась в создании нового вида сырья для доменной плавки – брикетов горячего прессования из частично восстановленных богатых железорудных концентратов.

Изложение основных материалов исследования.

Для отработки технологических режимов и параметров процесса брикетирования в ИЧМ с участием автора был разработан и создан экспериментальный комплекс, состоящий из агрегата восстановительно–тепловой обработки и валкового пресса производительностью до 2,5 т/ч [1].

Пройдя восстановительно–тепловую обработку в реакторе кипящего слоя 1, шихта поступает в обогреваемый бункер–накопитель 2 со встроенным механическим рыхлителем (мешалкой) 3 (рис.1). Из бункера 2 шихта подается с помощью шнекового питателя 4 через шихтопровод 5 в валковый пресс 6, где она формируется в брикеты. Из–под пресса брикеты по наклонному приемному лотку 7, снабженному вибратором 8 попадают в контейнер готовой продукции 9.

Экспериментальный валковый пресс представляет собой комплекс устройств и механизмов, обеспечивающих процесс брикетирования порошкообразных шихтовых материалов и контроль его параметров. Собственно пресс (рис.2) состоит из водоохлаждаемой станины 1, в направ-

ляющих которой установлены две пары водоохлаждаемых подушек 2, являющиеся опорами для брикетирующих валков 3, 4 с бандажами 5, 6. Между подушками валков установлены амортизирующие устройства 7 для сведения и разведения валков.

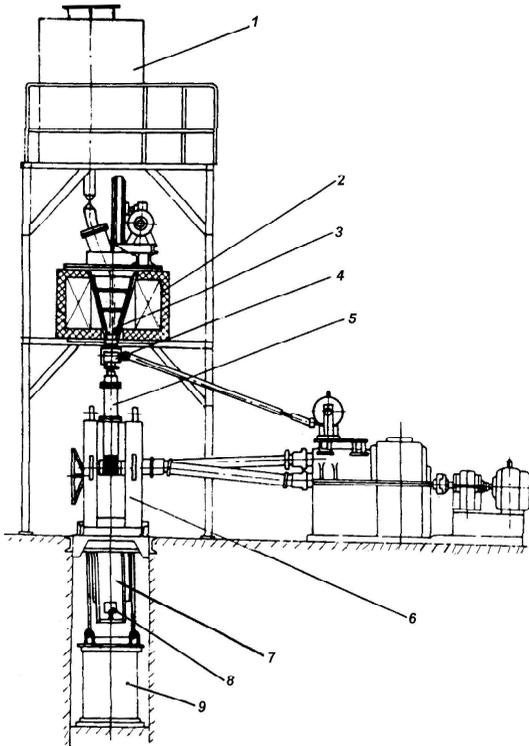


Рис.1. Экспериментальный комплекс для брикетирования.

Регулировка зазора между валками осуществляется перемещением валка 4 по направляющим 8 станины 1 с помощью винтового устройства, состоящего из нажимных винтов 9, червячного редуктора 10 и штурвала 11. Между подушками валка 4 и нажимными винтами 9 установлены месдозы 12 для измерения усилия прессования. Над валками размещено грузочное устройство 13 с

регулируемой шиберной заслонкой 14 и устройством для отбора проб сихты 15.

На рис.3 представлена кинематическая схема валкового пресса. Привод пресса содержит электродвигатель 1 постоянного тока с плавным регулированием частоты вращения, клиноременную передачу 2, двухступенчатый цилиндрический редуктор 3, муфту 4, редуктор – шестеренную клетку 5 и два универсальных шпинделя 6. В связи с тем, что вращение рабочим валкам от привода передается с помощью универсальных шпинделей, формующие элементы, выполненные на рабочей поверхности валков, имеют зубчато-желобчатую конфигурацию, прессование в которых не требует синхронного совмещения ячеек обоих валков. При такой конфигурации брикет формируется в пространстве между ячейками, разделенными между собой выступами в виде зубьев (гребней) на одном валке и по-

верхностью в виде кольцевого желоба на другом валке, при их встречном вращении. Уплотнение шихты происходит в постепенно замыкающемся объеме, максимальное давление в формируемом брикете устанавливается при полностью закрытом калибре

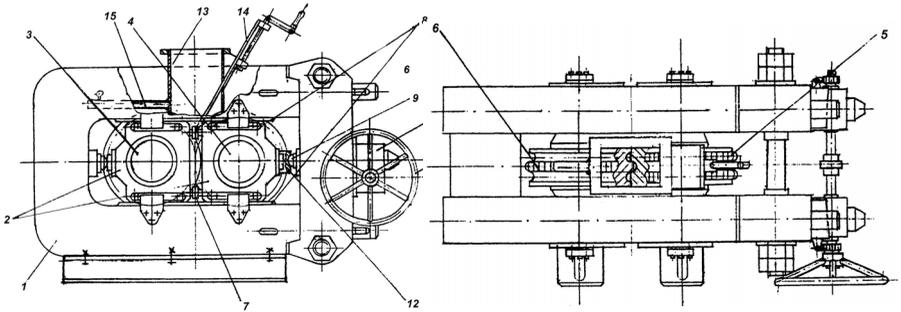


Рис.2. Экспериментальный валковый пресс.

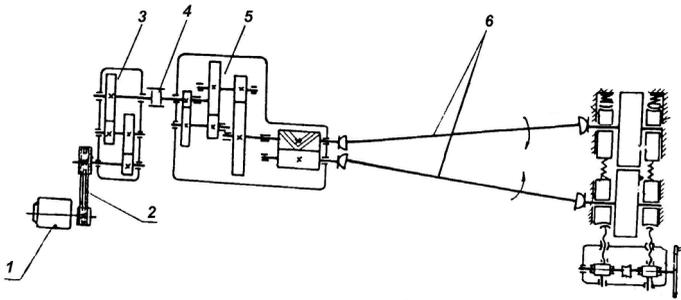


Рис.3. Кинематическая схема пресса для брикетирования.

Общий вид бандажей с формирующими элементами зубчато-желобчатой конфигурации на их рабочей поверхности показан на рис.4, полученные брикеты представлены на рис.5.

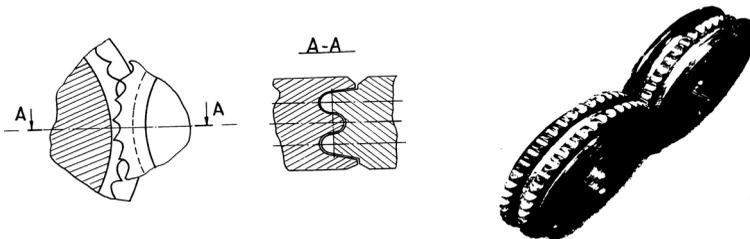


Рис.4. Бандажи валков. слева – зубчато-желобчатая конфигурация формирующих элементов; справа – общий вид в рабочем положении.

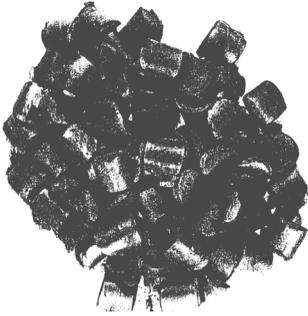


Рис.5. Брикеты.

Рабочие валки изготовлены из жаропрочной стали 3Х2В8Ф с термообработкой рабочих поверхностей до твердости HRC 43–47. Для обеспечения заданного стабильного теплового режима при прессовании небольших партий материала преду-

смотрен подогрев валков газовыми горелками.

Ниже приведена техническая характеристика пресса.

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Производительность, т/ч | – 2,5. |
| 2. Тип пресса | – валковый. |
| 3. Давление прессования, МПа | – 100. |
| 4. Усилие прессования, максим., кН. | – 1000. |
| 5. Бандажи валков: | |
| диаметр, мм | – 500; |
| ширина рабочей части, мм | – 100; |
| конфигурация рабочей поверхности | – зубчато желобчатая; |
| количество рядов | – 3. |
| 6. Брикет: | |
| форма | – "пельменеобразная"; |
| объем, см ³ | – 10...11. |
| 7. Частота вращения валков, мин ⁻¹ | – 0,5...6,9. |

Отработка режимов процесса горячего брикетирования шихты сопровождалась измерением технологических и энергосиловых параметров с помощью специальных устройств и датчиков [2]. Схема измерения параметров брикетирования представлена на рис.6.

Во время проведения экспериментов измерялись нормальное контактное напряжение в ячейке и распорное усилие на валки, крутящие моменты на шпинделях пресса, температура прессования шихты, величина тока электродвигателя и частота вращения валков. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных показало их хорошую сходимость. Было установлено, что с увеличением частоты вращения валков свыше 1 мин⁻¹ плотность брикетов резко снижалась. Это было связано с малой величиной насыпной плотности шихты и образованием выжимаемого из шихты газового противотока, препятствующего равномерному поступлению шихты в зону прессования и уменьшающего насыпную массу шихты.

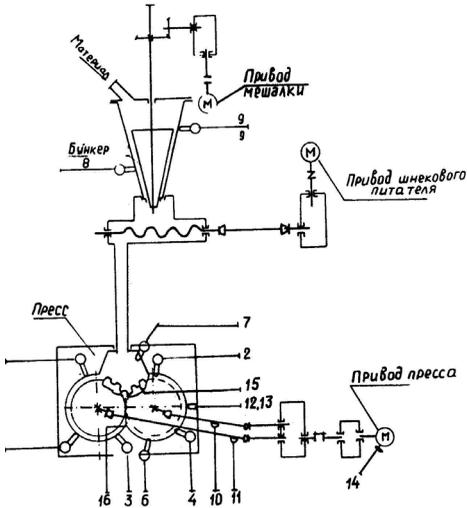


Рис.6. Схема размещения термодатчиков и датчиков силовых параметров на комплексе брикетирования.

1–6 – термодатчики для измерения температуры валков; 7 – термодатчик для измерения температуры шихты; 8, 9 – термодатчики для контроля нагрева материала перед прессованием; 10, 11 – тензорезисторы для измерения крутящих моментов на шпинделях; 12, 13 – месдозы для измерения усилия на валки; 14 – измеритель тока двигателя привода пресса; 15 – месдоза для измерения нормального контактного напряжения; 16 – отметчик положения штифта месдозы 15 на линии центров валков.

С целью интенсификации процесса прессования с обеспечением требуемой плотности брикетов были разработаны предложения по усовершенствованию конструкции валкового пресса, заключающиеся в принудительной и дозируемой подаче в валки предварительно уплотненной шихты. Разработано на уровне изобретений два варианта конструкции усовершенствованного валкового пресса. Первый вариант (рис.7,а) предлагал установку над одним из рабочих валков дополнительного вала меньшего диаметра с профилем рабочей поверхности, копирующим профиль рабочего вала, над которым он установлен с регулируемым зазором [3]. Дополнительный валок в экспериментальном прессе приводился цепной передачей от рабочего вала. Поступающая в зазор между рабочим и дополнительным валками шихта уплотнялась и формировалась в равномерно подуплотненный профилированный слой, который продвигался на прессование в рабочие валки.

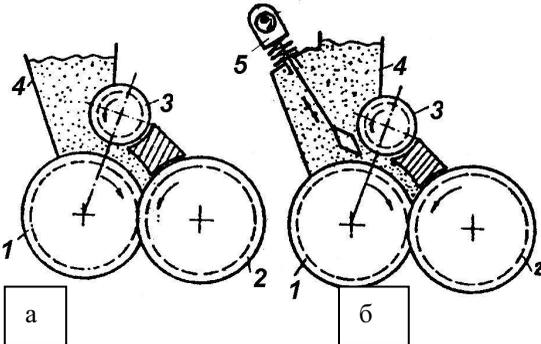


Рис.7. Схемы конструкций усовершенствованного валкового пресса: 1, 2 – рабочие валки; 3 – дополнительный валок; 4 – загрузочная воронка; 5 – виброуплотнитель.

Второй вариант предусматривал, кроме дополнительного валька, установку виброуплотнителя с регулируемой частотой и амплитудой колебаний (рис. 7,б) [4]. Виброуплотнитель устанавливался таким образом, чтобы его виброэлемент находился над зоной поступления шихты в раствор между рабочим и дополнительным (уплотнительным) вальками. Результаты проведенных экспериментальных исследований по брикетированию шихты на вальковом прессе усовершенствованной конструкции показали, например, что в сравнении с брикетированием шихты на прессе, не имеющем средств её принудительной подачи, то есть работающем в условиях свободного (гравитационного) поступления шихты в зону прессования, использование предложенных технических решений позволило повысить частоту вращения рабочих валков в 3 раза при работе на усовершенствованной конструкции по I варианту и в 5–6 раз – при работе на усовершенствованной конструкции по II варианту.

В качестве наглядного примера на рис.8 представлена характерная осциллограмма процесса горячего брикетирования вюститной углеродсодержащей (ВУ) шихты при совместном действии валькового и вибрационного уплотнителей (II вариант), показывающая влияние предварительного уплотнения и параметров вибрации на величину силовых параметров.

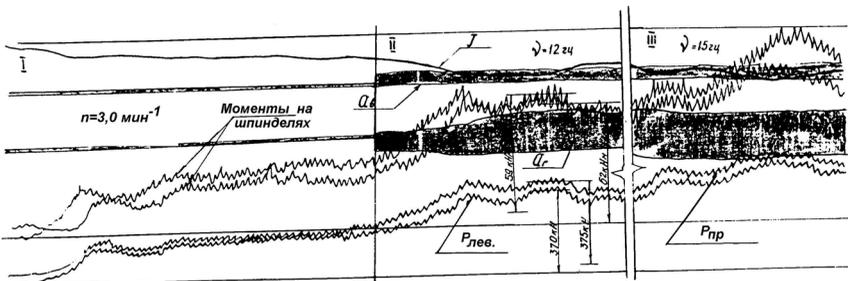


Рис.8. Осциллограмма процесса горячего брикетирования ВУ шихты при работе с вальково-вибрационным подпрессовщиком. I – участок работы пресса без виброподпрессовки; II–III – участок работы пресса с виброподпрессовкой различных параметров; J – ток привода; a_v – амплитуда колебаний вертикальная; a_r – амплитуда колебаний горизонтальная; $P_{пр}$ и $P_{лев}$ – усилия на валки, соответственно фиксируемые правой и левой месдозами.

Проведенные на экспериментальном прессе ИЧМ исследования показали, что предварительное уплотнение шихты позволяет получать брикеты требуемого качества при более высоких значениях частоты вращения валков по сравнению с частотой их вращения при гравитационной подаче шихты.

Лучшие результаты получены при работе пресса с вальково-вибрационным уплотнителем. Конструкция вальково-вибрационного уплотнителя позволяет легко регулировать степень предварительного уп-

лотнения и количество материала, подаваемого в зону захвата валками, обеспечивает возможность интенсивной эвакуации газов, обеспечивает равномерное распределение шихты по ширине валков. Это позволило рекомендовать валково-вибрационный уплотнитель в качестве загрузочного устройства валкового пресса, разрабатываемого ВНИИМетмашем (г. Москва) для опытно-промышленной установки (ОПУ) по производству брикетов на СевГОКе. Разработанные методики расчета основных параметров, результаты экспериментальных и теоретических исследований, технические решения, рекомендации и весь накопленный опыт ИЧМ были использованы НПО "ВНИИМетмаш" при проектировании опытно-промышленного пресса производительностью 30 т/ч. Ниже приведена техническая характеристика этого пресса:

– производительность, максимальная, т/ч	– 30;
– усилие прессования, максимальное, кн.	– 6400;
– давление прессования, максимальное, МПа	– 130;
– температура прессуемого материала, °С	– 850±25;
– диаметр рабочих валков, мм	– 1000;
– ширина прессующей части валков, мм	– 900;
– пределы регулирования частоты вращения валков, мин ⁻¹	– 2–6;
– мощность электродвигателя, кВт	– 315;
– масса пресса, кг	– 140000.

Пуск ОПУ СевГОКа состоялся в конце 1987 года, но, к сожалению, она так и не была выведена на проектную мощность. Основной причиной этого явились допущенные привлеченными специализированными организациями ошибки при расчете и проектировании восстановительного агрегата – вращающейся печи специальной конструкции. Несмотря на то, что планируемый результат не был достигнут, работа на ОПУ СевГОКа стала настоящей школой для сотрудников ИЧМ, занимающихся тематикой брикетирования. Приобретенный опыт внедрения результатов своих разработок при взаимодействии с проектантами и производителями оказался бесценным в последующие годы. Накопленный опыт, наличие научной, экспериментальной базы и высококвалифицированных специалистов определили дальнейшее развитие в ИЧМ научно-технического направления по брикетированию широкого спектра мелкофракционных отходов.

Толчком к развитию указанного направления послужило возрастание интересов к брикетированию в отечественной и зарубежной металлургии, связанное с истощением запасов месторождений полезных ископаемых, постоянно увеличивающимся количеством техногенных отходов и требованиями экологии. Так в ИЧМ начался новый этап развития данного направления – разработки технологии и оборудования для холодного брикетирования.

Следует отметить, что основными критериями заинтересованности предприятий в утилизации отходов в брикетированном виде являются вы-

сокие потребительские свойства брикетов и более низкая их стоимость по сравнению с агломератом, окатышами, углем, коксом и т.д.

Одной из основных задач, направленных на достижение этих показателей, а также расширения сферы применения технологий брикетирования и их эффективности, для ИЧМ явилось создание с широким диапазоном технологических и энергосиловых параметров прессового оборудования для переработки промышленных отходов с различными свойствами.

В последние годы задача создания надежных отечественных прессов для брикетирования мелкофракционных сырьевых материалов и техногенных отходов приобретает все большую актуальность. Основным направлением в области создания брикетных прессов является совершенствование их компоновки и разработка конструкций, обеспечивающих резкое сокращение продолжительности простоев при замене изношенных сменных бандажей рабочих валков и проведении профилактических осмотров.

Основные принципы и требования, положенные в основу разработки пресса.

Основным недостатком существующих, в основном зарубежных, конструкций прессов для брикетирования является их высокая металлоемкость, вызванная, прежде всего, конструктивными особенностями станины. Объясняется это тем, что станина, являющаяся основным элементом пресса и воспринимающая технологическую нагрузку в качестве распорного усилия при сжатии порошкообразного материала, как правило, выполняется в виде рамы замкнутой конструкции, охватывающей опоры валков с определенным запасом прочности и жесткости, что, естественно, приводит к повышенной металлоемкости. Независимо от конструкции станины (открытого или закрытого), перевалка валков в случае их износа или поломки связана с трудоемкими операциями по их извлечению из пресса и соответственно по их установке, что характеризует низкую ремонтпригодность и неудобства в эксплуатации таких прессов.

Так, демонтаж валков из станины открытого типа, осуществляемый извлечением их вверх, требует большого количества операций по съему крышки станины и загрузочного устройства, отсоединению коммуникаций и т.д. Демонтаж валков в прессах со станиной закрытого типа осуществляется ещё сложнее. Кроме того, существующие прессы обладают большими габаритами и массой. В последние годы проводятся существенные изменения конструкции станины. На смену станинам традиционных форм разработаны станины, состоящие из элементов, собираемых с помощью специальных замков, болтовых соединений или шпилек с клиновыми замками. Представляет интерес развитие направления по созданию конструкций валковых прессов, где станина, сохраняя функциональное назначение, приобретает несвойственные ей формы и особенности. То есть, по сути, речь идет о направленности технической мысли на создание

бесстанинных прессов. Поэтому в основу разработки новой конструкции пресса положены принципы, обеспечивающие её простоту, снижение металлоемкости и габаритов, удобство в эксплуатации, а также обусловленные физико–механическими свойствами брикетируемых шихт и требованиями потребителей к качеству брикетов.

Ниже приводятся основные требования, предъявляемые к брикетам, составленные на основе отечественного и зарубежного опыта использования брикетированного сырья в различных металлургических агрегатах, а также разработанных ИЧМ технологических регламентов производства брикетов для ряда металлургических предприятий Украины.

1. Брикеты должны обладать механической прочностью, достаточной для выдерживания нагрузок, возникающих при перегрузках, транспортировке и загрузке их в металлургические и другие тепловые агрегаты.

2. Брикеты должны обладать термостойкостью в процессе нагрева и восстановления.

3. Брикеты должны обладать формой и размерами, обеспечивающими хорошую послынную газопроницаемость и условия, улучшающие протекание физико–химических процессов плавки.

4. Брикеты должны иметь минимальное количество острых углов, граней и ребер с целью снижения количества мелочи, образующейся при их транспортировке и перегрузках.

5. Брикеты для сталеплавильного производства должны обладать минимальной пористостью (не более 5...10 %). Для доменного производства брикеты должны иметь высокую пористость, обеспечивающую газопроницаемость и ускоряющую процессы восстановления.

6. Брикеты должны содержать минимальное количество вредных примесей (сера, фосфор, щелочи и др.), ухудшающих качество выплавляемого металла и разрушающих футеровку металлургических агрегатов.

Брикеты должны обладать устойчивостью к воздействию влаги, в том числе атмосферных осадков.

Сформулируем принципы и требования, являющиеся основополагающими при разработке пресса.

Разработка конструкции валкового брикетного пресса основана на следующих принципах.

1. Простота и надежность конструкции.
2. Компактность, ремонтпригодность, удобство монтажа, эксплуатации и технического обслуживания.
3. Регулирование производительности пресса.
4. Унификация узлов и деталей.
5. Минимальные габариты и металлоемкость.
6. Обеспечение регулируемой подачи шихты на валки с целью получения брикетов необходимой плотности и прочности.
7. Возможность настройки пресса на заданное усилие прессования (до 1000 кН) и предохранения от перегрузок.

8. Технологичность изготовления, сборки и монтажа деталей и узлов пресса.

Конструкция пресса должна удовлетворять следующим основным требованиям.

1. Пресс валковый должен содержать:

- комплект валков с подушками и бандажами с формующими элементами;
- загрузочное устройство с регулируемым шибером;

– устройство сведения валков в рабочее положение и предохранения от перегрузок;

– привод и общую раму.

2. Один из валков должен иметь возможность перемещения при превышении заданного усилия прессования.

3. Рабочие поверхности валков должны быть выполнены сменными в виде кольцевых бандажей или сегментов из износостойких конструкционных материалов.

4. Загрузочное устройство должно обеспечивать требуемое сечение подачи шихты на валки и ее равномерное распределение по ширине рабочей части валков.

5. Предохранительное устройство должно обеспечивать устойчивый силовой режим работы пресса и предназначено для уравнивания распорных усилий, возникающих между валками в процессе брикетирования шихты, и осуществления отхода подвижного валка при перегрузках.

6. Привод должен иметь заданную производительность и иметь возможность, при необходимости, ступенчатого изменения частоты вращения валков.

7. Управление работой пресса должно предусматривать реверс валков и аварийное отключение пресса.

8. Предусмотреть максимально возможное использование стандартных, унифицированных и заимствованных сборочных единиц и деталей.

Устройство и компоновка пресса

Валковый пресс (рис.9) представляет собой конструкцию бесстанинного типа и состоит из следующих основных узлов: двух рабочих валков с подушками, загрузочного устройства, устройства прижима валков и предохранения пресса от перегрузки, привода пресса и рамы. Скомпонован пресс с приводом и загрузочным устройством на общей раме [5].

Рабочие валки (приводной 1 и неприводной 2) установлены в подшипниковых опорах (подушках). Подушки приводного валка неподвижны и жестко закреплены на раме 3. Подушки неприводного валка соединены с рамой шарнирно с помощью пальцев 4 и имеют возможность перемещения на определенную величину при превышении заданного усилия прессования. Подвижная и неподвижная подушки соединены между собой парно с помощью предохранительных устройств 5. Предохранительные устройства представляют собой набор тарельчатых пружин, установленных в цилиндрических корпусах. Предварительной затяжкой пружин ус-

танавливается заданное значение усилия прессования. Зазор между рабочими поверхностями валков устанавливается и регулируется гайками 7 на штоках, проходящих через сухари шарнирных опор неприводного валка. При превышении заданного усилия прессования (усилия предварительной затяжки пружин), в том числе при попадании в межвалковое пространство посторонних предметов, неприводный валок отклоняется, и зазор может быть увеличен до 15 мм с мгновенным восстановлением рабочего зазора после снижения усилия до значения, не превышающего заданное.

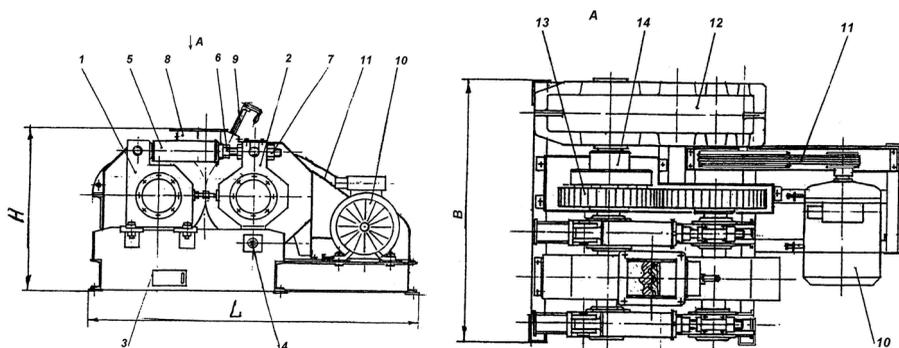


Рис.9. Общий вид валкового пресса

Валки снабжены сменными кольцевыми бандажами с профилированной рабочей поверхностью. Монтаж и демонтаж бандажей производится с помощью клиновидных колец. Загрузочное устройство 8 состоит из сварной воронки, размещенной в верхней части раствора валков и закрепленной на специальной раме, охватывающей боковые поверхности бандажей. Регулировка подачи материала в межвалковое пространство осуществляется с помощью шибера 9.

Многочисленные опыты по отработке технологии брикетирования широкого спектра мелкофракционных сырьевых материалов и техногенных отходов со связующими добавками показали, что в диапазоне производительностей пресса от 0,5 до 15 т/ч требуемое качество брикетов достигается без применения подпрессовывающих устройств в системе загрузки пресса, что в целом упрощает его конструкцию и снижает металлоемкость.

Загрузочное устройство установлено и закреплено на раме 3. В состав привода входит следующее оборудование: электродвигатель 10, зубчатая цепная или клиноременная передача 11, редуктор 12, синхронизирующая шестеренная передача 13 с полумуфтой 14. От электродвигателя вращающий момент передается через цепную (клиноременную) передачу на быстроходный вал редуктора и далее через полумуфту на приводной вал пресса, который через синхронизирующую шестеренную (с крупным мо-

дулем зуба) передачу приводит во вращение неприводной вал. Пресс может быть установлен как на фундаменте, так и на металлоконструкции с возможностью размещения под ним емкости для сбора готовой продукции (брикетов). Перед запуском пресса необходимо убедиться в отсутствии шихты в воронке загрузочного устройства. После этого осуществляется запуск пресса и производится опробование работы его механизмов в холостом режиме. Затем шибер устанавливается в положение, обеспечивающее подачу шихты в пределах заданной производительности, и начинается загрузка шихты в воронку загрузочного устройства. Работает пресс следующим образом. Рабочие валки, вращаясь навстречу друг другу, захватывают шихту формующими элементами в межвалковое пространство (очаг деформации), где происходит за счет изменения объема прессуемой шихты превращение сыпучего тела в твердое компактное тело в виде брикета. При этом между валками возникает распорное усилие (усилие пресования), уравновешенное усилием предварительной затяжки пружин в демпферах и обеспечивающее получение брикетов необходимого качества. При достижении установившегося режима брикетирования следует зафиксировать положение шибера. В случае остановки пресса из-за перегрузки, разгрузка его производится реверсивным вращением валков с целью удаления лишней шихты из воронки.

Ниже приводятся основные конструктивные и технологические параметры разработанных в ИЧМ прессов.

Техническая характеристика прессов

Производительность, т/ч	– 0,5...10
Тип пресса	– валковый
Давление пресования, МПа	– до 120
Усилие пресования, кН	– до 1000
Мощность привода, кВт	– до 30
Валки:	
диаметр, мм	– до 800
ширина рабочей части, мм	– до 350
частота вращения, мин ⁻¹	– 3...6
Брикет:	
форма	–по согласованию с заказчиком
объем, см ³	– до 100
Габариты пресса, LxВxН, мм	– до 2500x1900x1300
Масса, кг	– 4000...4500.

Прессы прошли промышленные испытания на ряде предприятий Украины, России и Казахстана, где созданы участки брикетирования различных отходов горно-металлургического комплекса, показали свою работоспособность и надежность в эксплуатации, а также подтвердили ожидаемые показатели. На основе приобретенного опыта эксплуатации валковых прессов конструкции ИЧМ за последние 2 года было выполнено их усовершенствование, касающееся, в основном, изменения кинематической

схемы электропривода и замены пружинных демпфирующих устройств на гидравлические. Компоновка пресса показана на рис. 10.

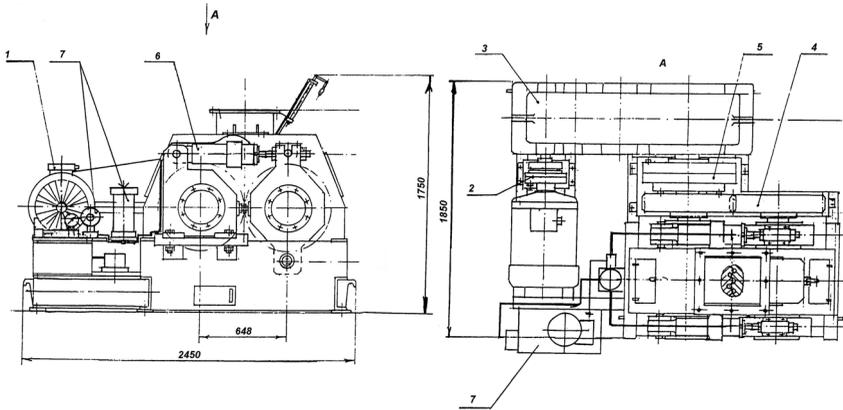


Рис.10. Общий вид усовершенствованного валкового пресса.

В состав привода входит следующее оборудование: электродвигатель 1 ($N = 55$ кВт), предохранительная муфта 2, редуктор 3, синхронизирующая передача 4 с муфтой 5. Для защиты узлов и деталей пресса от возможных поломок при появлении случайных перегрузок в муфте 2 установлен срезной штифт с проточкой. Частота вращения рабочих валков составляет $9,2 \text{ мин}^{-1}$. Гидравлическое демпфирующее устройство 6 представляет собой гидроцилиндр, давление рабочей жидкости в котором обеспечивает уравнивание распорного усилия между валками при брикетировании. Настройка и управление работой гидравлического демпфера осуществляется с помощью гидрооборудования 7.

Следует отметить, что гидравлическое (рис.9) демпфирующие устройства с целью взаимозаменяемости выполнены с одинаковыми габаритными и присоединительными размерами элементов крепления. Установка и замена одного типа устройств на другое не требует изменения конструкции пресса. В зависимости от насыпной плотности брикуетируемых шихт производительность пресса колеблется в пределах $6 \dots 10 \text{ т/ч}$. В связи с успешным освоением процесса производства брикетов интерес к брикетированию постоянно возрастает, вследствие чего указанная производительность уже не удовлетворяет многие предприятия.

Крупномасштабное производство брикетов в Украине сегодня сдерживается недостаточностью развития работ в области создания эффективных технологий и отсутствием высокопроизводительного отечественного оборудования для переработки мелкофракционных шихтовых материалов. В этой связи целесообразность и перспективность брикетирования требуют решения новой важной задачи – создания отечественной конструкции высокопроизводительного ($25\text{--}30 \text{ т/ч}$) пресса для брикетирования шихт.

1. Пресс для горячего брикетирования железосодержащих материалов. / З.И. Некрасов, Г.Г.Побегайло, А.Г. Ульянов, В.А.Носков и др.. // Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема. М.: Металлургия, 1979. – Сб. № 5. – С.20–23.
2. Экспериментальное исследование силовых параметров при брикетировании железорудного концентрата. / А.В. Праздников, А.Г. Ульянов, Г.Г. Побегало, В.А.Носков и др.. // Интенсификация процессов доменной плавки и освоение печей большого объема. М.: Металлургия, 1979. – Сб. № 5. – С.23–27.
3. А.С. 1189686 СССР, МКИ³ ВЗОВ 11/12. Валковый пресс для брикетирования порошкообразных материалов. / А.И. Целиков, З.И. Некрасов, А.И. Майоров, О.Н. Кукушки, Б.Н. Маймур, В.А. Носков и др.. (СССР) № 3754625/25–27. Заявлено 21.06.84; Оpubл. 01.11.85 г. – Бюл. № 41. – 2 с., ил. 4.
4. А.С. 1247301 СССР, МКИ³ ВЗОВ 11/18. Вертикальный валковый пресс для брикетирования сыпучего материала. / З.И. Некрасов, А.И. Целиков, Б.Н. Маймур, А.И. Майоров, В.А, Носков и др.. (ССС). – № 3685559/25–27. Заявлено 06.01.84 г. Оpubл. 30.07.86 г. Бюл. № 28. – 2 с., ил. 2.
5. Носков В.А. Валковый пресс для брикетирования мелкофракционных отходов производства и сырья. // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 1999. – №2/3. – С.100–102.

*Статья рекомендована к печати чл.-корр.НАН Украины
В.И.Большаковым*