

УДК 621.001.63

«Разработка и исследование технологии и оборудования сухого прессования отходов доломита с целью возврата в технический цикл»

Цветкова Екатерина Юрьевна

магистрант 2 года, очная форма

Российская Федерация, г. Рыбинск, Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П. А. Соловьева, кафедра «Обработка материалов давлением»

Научный руководитель: В.В. Корнилов

кандидат технических наук, профессор кафедры «Обработка материалов давлением»

В сталеплавильном производстве в больших количествах используются доломит в качестве флюсов и огнеупорных материалов. При добыче доломита в карьерах, а также при подготовке к использованию (транспортировка, отжиг) значительное количество доломита идет в отходы в виде отсева и крошки, которые невозможно использовать в сталеплавильном производстве. Значительное количество доломитной пыли скапливается в электрофильтрах и пылевых камерах (на комбинате «Северсталь» - до 80 тонн в сутки). При плане выплавки стали 11 миллионов тонн в год, годовая потребность в доломите для комбината «Северсталь» составляет 235 тысяч тонн. При добыче, транспортировке, подготовке и использованию теряется до 40 % от годового расхода доломита. Эти отходы в виде пыли и крошки не могут быть использованы в конвертерном производстве стали и идут в отвалы, так как по технологическим условиям размеры кусков доломита в шихте должны быть в пределах 20 – 70 мм. Для решения проблемы возврата отходов доломита в технологический цикл конвертерного производства необходима разработка технологии сухого прессования мелкофракционного доломита в брикеты, удовлетворяющие техническим требованиям и размерам, плотности и прочности, а так же оборудования для реализации такой технологии. Эта проблема в последнее время стала особенно актуальной в связи с ужесточением экологических норм и увеличением платы за использование природных ресурсов.

В Западной Европе нашла применение технология компактирования мелкофракционных отходов доломита в брикеты в форме «подушечек», реализуемая на валковых прессах. Эти машины имеют высокую производительность, но на них невозможно получить брикеты из однокомпонентного материала (без применения связующих). Однако использование связующих в ряде случаев, в том числе и в конвертерном

производстве, недопустимо, так как приводит к ухудшению химического состава плавки. Кроме того на валковых прессах реализуется деформационная схема формообразования брикета, при которой не гарантируется стабильность плотности и предела прочности брикета. В связи с этим была поставлена задача по разработке и исследованию технологии сухого прессования отходов доломита в брикеты с заданными свойствами, а так же оборудования для этой цели.

В РГАТА им. П.А. Соловьева совместно с ЗАО «Прочность» (АХК ВНИИМЕТМАШ) был разработан и экспериментально исследован процесс сухого прессования мелкофракционных отходов доломита в брикеты, размеры и свойства которых удовлетворяют требованиям технологии конвертного производства стали [1]. Следует отметить, что по классификации мелкодисперсных материалов [2] доломит относят к материалам сухое прессование которых практически не возможно.

Прессование выполнялось на гидравлических прессах в прессформах, схемы которых показаны на рисунке 1. В варианте а) получали брикеты конические с небольшим цилиндрическим пояском, в варианте б) цилиндрические. В варианте а) матрица 1 жестко фиксировалась на столе пресса, а в варианте б) матрица была плавающей. Достоинство матрицы по варианту а) существенно меньшее усилие выталкивания, но она требует повышенной точности дозирования объема засыпки. В варианте б) требуется несколько меньшее усилие прессования, поэтому он был принят в качестве рабочего.

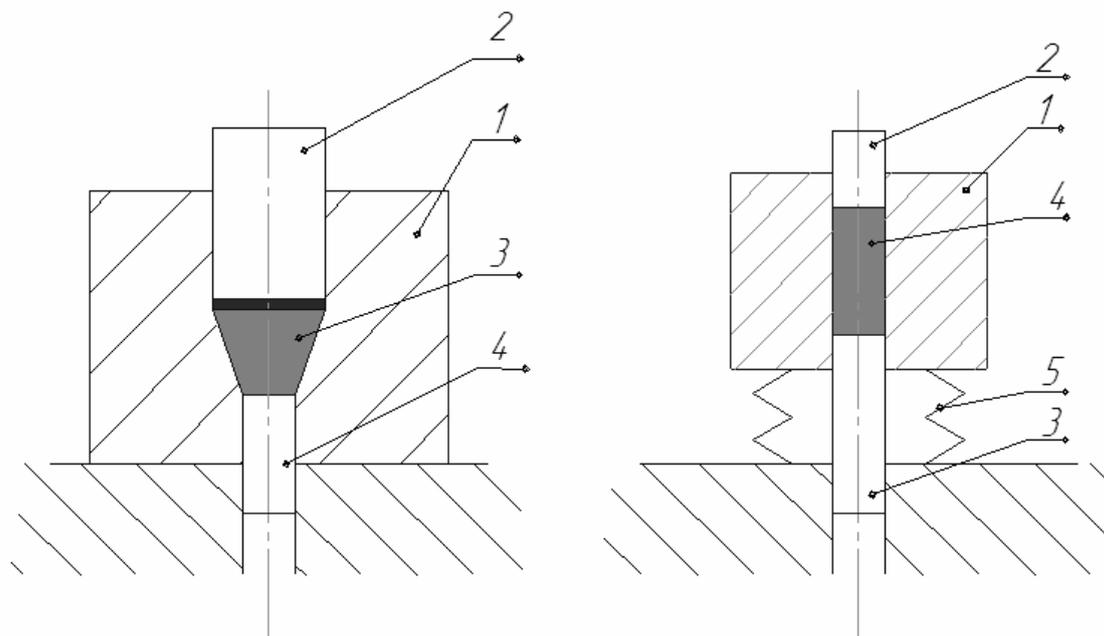


Рис.1. Схемы опробованных прессформ: а) с конической матрицей, б) с цилиндрической плавающей матрицей. 1-матрица, 2-пуансон, 3-выталкиватель, 4-брикет, 5-пружины.

На первом этапе исследования были определены по стандартной методике насыпной вес и коэффициенты упругого последействия. Для

природного доломита насыпной вес составил 0,92 г/см³, а у доломита с электрофильтров 0,4-0,5 г/см³. Коэффициент упругого последействия относительный $K_y=1,08-1,12$ в обоих случаях.

Максимальная величина удельного усилия прессования составляла 190-200 МПа. Дальнейшее увеличение удельного усилия приводит к браку брикета из-за появления трещин.

Предел прочности неотожженных брикетов из отходов природного доломита составил 14-15 МПа, что соответствует прочности образцов, вырезанных из кусков природного доломита, а брикетов из доломита с электрофильтров 11-12 МПа. Предел прочности отоженных брикетов из отхода природного доломита составляет 130-150Мпа.

График рабочих нагрузок, полученный экспериментальным путем, хорошо описывается уравнением:

$$P=P_{\max}(1-S/S_{\max})^{3,586},$$

где P- текущее значение силы прессования, P_{\max} - максимальное (конечное) значение силы, S-перемещение прессующего пуансона, отсчитываемое от крайнего рабочего положения, S_{\max} -максимальное значение перемещения.

Для реализации разработанной технологии в условиях производства выполнен рабочий проект многопозиционного гидравлического пресса-автомата [3] с производительностью 100 брикетов в минуту (2,25 т/час).

Технические характеристики пресса

Номинальное усилие на каждой позиции, МН(тс)	1(100)
Число позиций	8
Ход прессующего пуансона,мм	240
Ход выталкивателя, мм	175
Частота ходов,1/мин	12,5
Производительность, шт/мин (т/час)	100(2,2)
Давление жидкости в рабочих гидроцилиндрах, МПа (кгс/см ²)	32(320)
Давление жидкости в гидроцилиндре выталкивателей, МПа (кгс/см ²)	15(150)
Скорость прессующего пуансона на заключительной стадии прессования, мм/с	20

Скорость обратного хода прессующего пуансона, мм/с	300
Общая установленная мощность, кВт	256
Габариты пресса без гидростанций (длина × ширина × высота), мм	2240×2240×4100
Масса пресса (без гидростанций), т	22,5

Прессование осуществляется в быстросменных пресс-формах с применением эффекта «плавающей матрицы», что позволяет улучшить качество получаемых брикетов. Конструкция пресса и пресс-формы обеспечивает быструю смену пресс-форм и возможность их настройки вне пресса. Возможен режим эксплуатации пресса, при котором на разных позициях прессуются брикеты разного состава и размеров.

Оптимальные режимы прессования могут быть определены непосредственно на прессе с минимальными затратами материала и времени.

Кинематическая схема пресса показана рис.2.

Пресс имеет 8 позиций (на рис. 2 показана одна из них), расположенных по окружности. Каждая позиция содержит пресс-форму, два гидроцилиндра-прессующий (верхний) и цилиндр выталкивателя (нижний), кассетный механизм загрузки пресс-форм, привод механизма загрузки и управления гидрораспределителями. Материал поступает в кассету из расходного бункера под действием силы тяжести. Для повышения «текучести» материала применен активатор в виде троса, размещенного в направлении движения порошка в бункере и шланге, соединяющим бункер с кассетой. Механизмы загрузки, активатора, перемещения кассеты каждой из позиций приводятся от центрального распределительного вала, вращающегося с частотой 12,5 об/мин. Цикл каждой из позиций – 4,8 с, он состоит из участков: 1) загрузки, 2) отвода кассеты от пресс-формы, 3) прессования, 4) обратного хода прессующего пуансона, 5) выталкивания брикета из матрицы, 6) сброса брикета из рабочей зоны пресс-формы в транспортирующее устройство (на рис. 1 не показано). Сброс происходит в процессе движения кассеты к пресс-форме с помощью сбрасывателя, закрепленного на кассете.

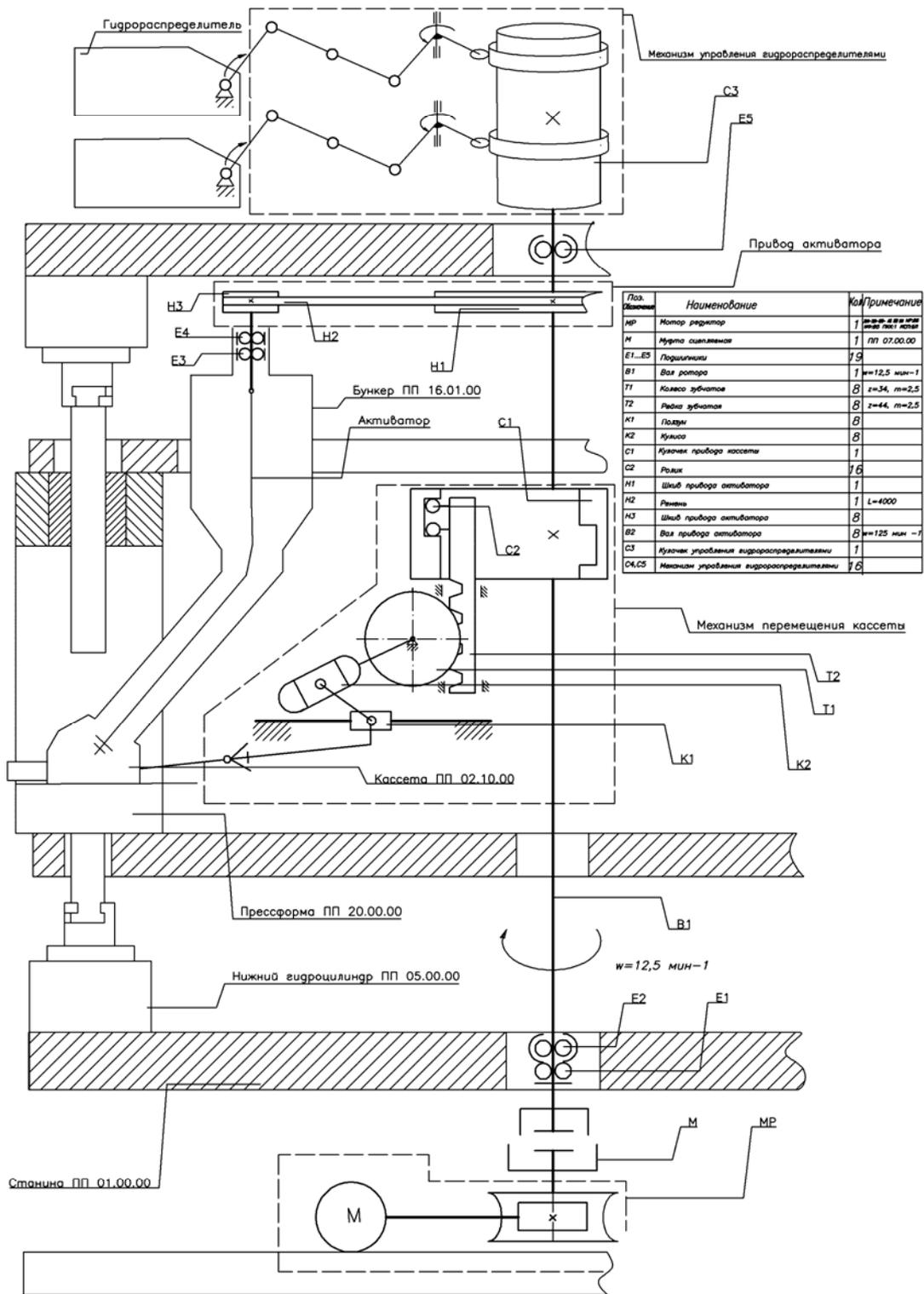


Рис.2 Кинематическая схема пресса – автомата

Гидравлическая схема пресса показана на рис.3.

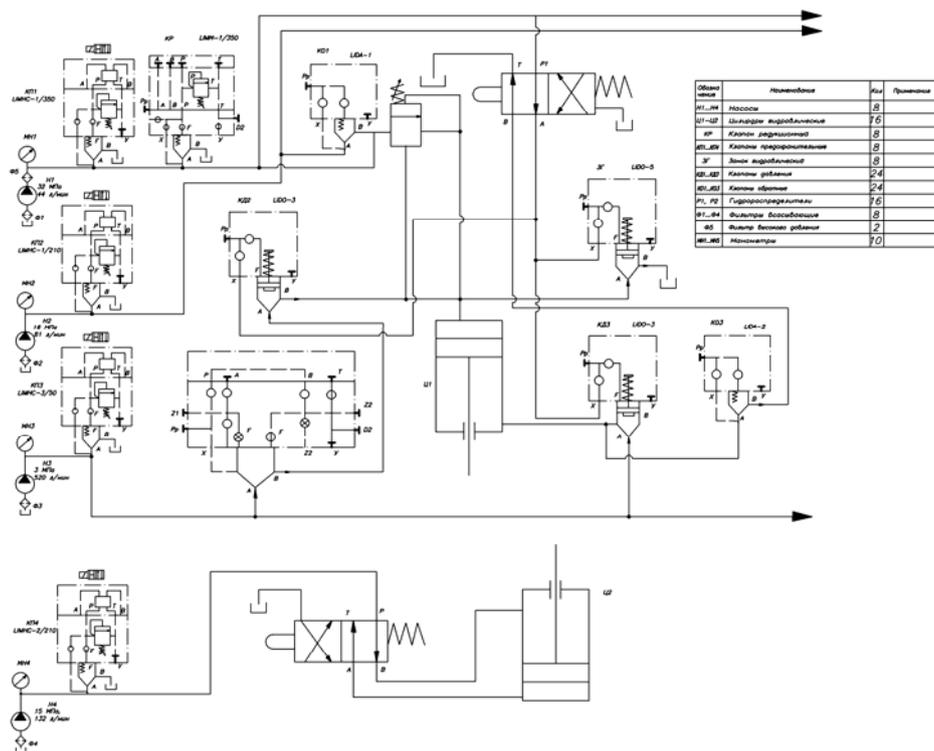


Рис. 3 Гидравлическая схема пресса - автомата

Гидросистема содержит: насос Н4 низкого (3 МПа) давления производительностью 520 л/мин, два насоса Н2 и Н3 «среднего» давления (16 МПа) с производительностью 132 л/мин и 81 л/мин и насос Н1 высокого давления (32 МПа) с производительностью 44 л/мин. На первой стадии прессования все насосы подают жидкость в поршневую полость рабочего цилиндра, а затем по команде от клапанов давления последовательно отключаются насос Н4, затем Н3 и Н2, и на заключительной стадии прессования жидкость в полость цилиндра поступает только от насоса Н1.

Следующий этап работы - разработка проекта альтернативного оборудования для сухого прессования, которое позволило бы без снижения производительности существенно уменьшить стоимость изготовления пресса за счет: 1) исключения сложной и дорогостоящей гидроаппаратуры, 2) уменьшения установленной мощности и 3) снижения массы пресса. Предлагается использовать в качестве альтернативы гидропрессу кривошипный пресс, в котором реализуется силовое нагружение за счет встраивания гидродемпфера в соединение шатуна с ползуном.

С целью упрощения конструкции пресса и уменьшения усилия выталкивания брикета из матрицы предлагается в отличие от прототипа удалять брикет, перемещая его в том же направлении, что и при прессовании. При этом, как показало исследование прессования ферритов,

практически исключается опасность повреждения брикета при выталкивании из матрицы.

Технические характеристики прессы

Номинальное усилие, МН	2
Число позиций	2
Ход ползуна, мм	180
Частота ходов ползуна, 1/мин	50
Производительность, шт/мин(т/час)	100(2,2)
Размеры стола, мм	
слева направо	1000
спереди назад	1200
Мощность электродвигателя, кВт	60
Масса, т	16

На рис. 4 показана матрица с конической рабочей полостью для получения брикета с углом конуса 1,5-2 градуса и цилиндрическим пояском высотой 4-5 мм.

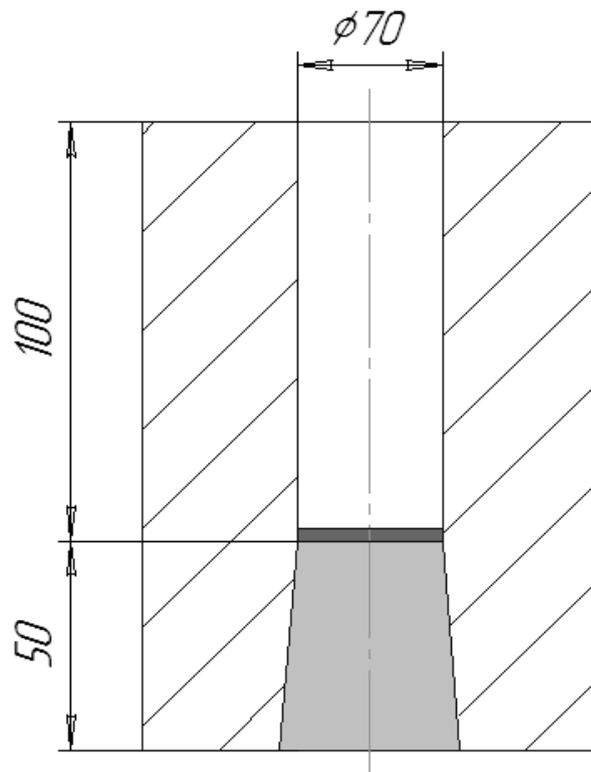


Рис.4 Предлагаемая конструкция матрицы

На рис. 5 показана кинематическая схема предлагаемого кривошипного пресса для брикетирования доломита.

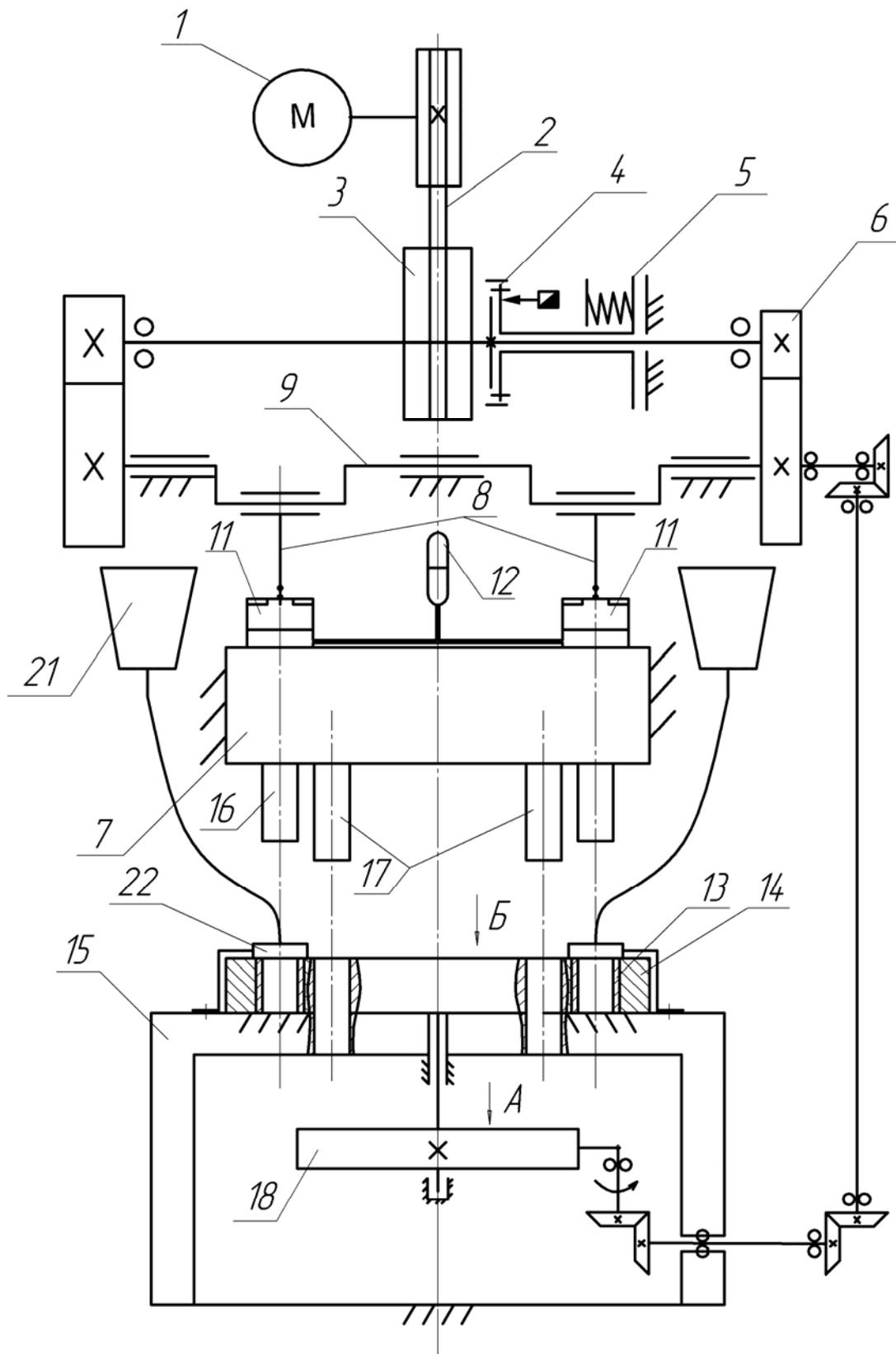


Рис.5 Кинематическая схема прессы

Привод пресса содержит электродвигатель 1, ременную передачу 2, маховик 3, фрикционную муфту 4, тормоз 5, передачу 6. Ползун 7 соединен шатунами 8, с кривошипным валом 9, между опорами 10 и ползуном установлены гидродемпферы 11, полости которых соединены с гидроаккумулятором 12. На заключительной стадии прессования брикета жидкость из полостей гидродемпферов вытесняется в аккумулятор 12, а при обратном ходе возвращается в полости демпферов. Таким образом реализуется силовое нагружение, как и на гидравлическом прессе. Конечное значение усилия прессования может регулироваться путем настройки давления в аккумуляторе.

Матрицы 13 в количестве 6 штук установлены в револьверном диске 14, расположенном на столе пресса 15. На ползуне установлены два прессующих пуансона 16 и два пуансона-выталкивателя 17. Диск 14 приводится во вращение с помощью мальтийского механизма (Вид А, рис. 6), содержащего крест 18 и поводок 19 с роликом 20.

На станине пресса установлено два расходных бункера 21 соединенных с кассетами 22, прикрепленными к столу 15.

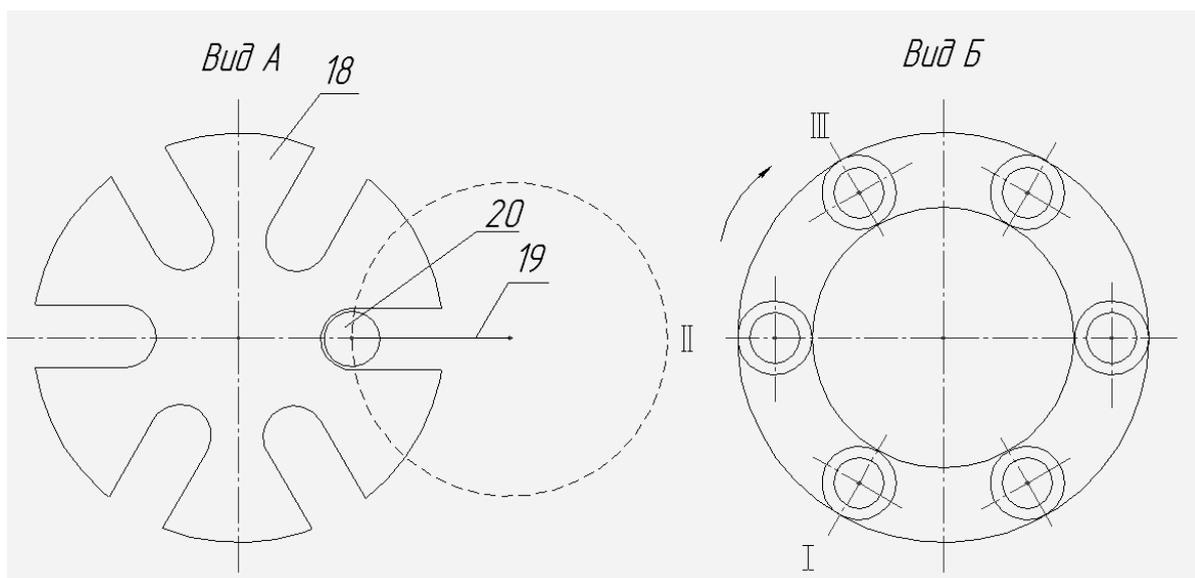


Рис.6 Вид А – мальтийский крест; Вид Б – револьверный диск (кассеты условно сняты).

На позициях I (Вид Б, рис. 6) происходит заполнение матриц порошком из бункеров 21, на позициях II – прессование пуансонами 16, на позициях III – выталкивание пуансонами 17 в отверстия в столе.

За один ход пресса получается два брикета. Когда пуансоны-выталкиватели 17 будут выведены из матриц III (рис. 6), диск 14 поворачивается на 60° , после чего цикл повторяется. Так как число матриц в три раза больше количества пуансонов, темп износа матриц соответственно снижается.

Выводы:

По сравнению с прототипом предлагаемый вариант характеризуется следующим: 1) меньшая мощность двигателя, благодаря использованию маховичного привода; 2) более простая конструкция пресса; 3) меньшая масса; 4) уменьшение в три раза темпа износа матриц.

Список литературы:

1. Патент РФ №2279351 В30В11/02. Способ получения брикетов из доломита и прессформа для его осуществления // Корнилов В.В., Мухин О.С., Полковников Д.В.
2. Аристов Г.Г. Огнеупорные изделия для разливки сталей. М.: Металлургия, 1969. – 260 с.
3. Патент РФ №2279350 В30В11/00, В30В15/32. Пресс для изготовления изделий из порошковых материалов // Корнилов В.В., Микулин Г.Ф., Мухин О.С.