

УДК 622.734: 001.891.53

Тумин А. Н.,
Павлиненко О. И.,
к.т.н. Левченко Э. П.
(ДонГТУ, г. Алчевск, ЛНР)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОПРИВОДА В ЦЕНТРОБЕЖНОЙ РАЗГОННО-УДАРНОЙ МЕЛЬНИЦЕ

Представлена возможность модернизации конструкции центробежной мельницы разгонно-ударного типа путем замены в качестве привода трехфазного электрического двигателя переменного тока на гидродвигатель.

Ключевые слова: разгонно-ударная мельница, эффективность, диспергирование материалов, электропривод, гидродвигатель.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Центробежно-ударные дробильно-измельчительные машины обеспечивают благоприятные условия разрушения исходного материала, как правило, однократным ударом и на сегодняшний день получают все большее применение в различных отраслях производства. Принцип действия таких машин, по сути, является обратным принципу работы молотковой дробилки, т. к. измельчение материала происходит не в результате действия вращающихся сил ротора, а лишь за счет его разгона центробежным ускорителем с последующим ударом вылетевших частиц о неподвижную отбойную плиту. При этом преимуществом можно считать то, что практически вся кинетическая энергия, запасенная материалом при его разгоне, преобразуется в работу разрушения, а доля нежелательного переизмельчения снижается. Поэтому актуальными являются разработка и исследование машин такого типа.

Различные исследования данного класса мельниц и дробилок на разнообразных материалах показали, что эффективность работы машины зависит от многих факторов, из которых определяющую роль играют следующие: а) величина подачи сырья в рабочую камеру мельницы; б) скорость вылета зерна из ротора; в) расстояние полета частиц от ротора до отбойной поверхности; г) кон-

структивные особенности рабочих элементов и физико-химические свойства материалов, из которых они изготовлены.

Проведенный анализ источников технической информации [1–5] показал, что рассматриваемые разгонно-ударные дробильно-измельчительные машины обладают высокой производительностью, относительно низкими удельными энергетическими затратами, достаточно хорошей выравненностью гранулометрического состава готового продукта и возможностью его пневмотранспортирования на значительные расстояния.

Однако зачастую особое внимание следует уделять вопросам уравнивания ротора и его защите от повышенных вибраций, возникающих при работе машины со значительными окружными скоростями и сырьем с большим разбросом крупности гранулометрического состава исходных компонентов.

Постановка задачи. Задачей данного исследования является повышение эффективности работы центробежно-ударной дробильно-измельчительной машины путем изучения возможности применения гидравлического привода.

Изложение материала и его результаты. Установлено, что некоторые ограничения на широкое распространение данных машин накладывают высокие требования к балансировке ротора и применение износо-

стойких материалов, особенно для лопастей ротора, подверженных интенсивному воздействию сил трения о перерабатываемый материал. При этом для изготовления ударных элементов отбойных плит хорошо зарекомендовали себя марганцовистые материалы, например, сталь Гадфильда (110Г13Л), однако фактически не поддающиеся механической обработке после отливки. При значительной массе ротора возникает проблема его плавного разгона из-за большой инерционности до номинальной частоты вращения. Это достигается, например, за счет применения фрикционной муфты (рис. 1) или тиристорного преобразователя частоты переменного тока.



Рисунок 1 Фрикционная муфта центробежного типа

Однако фрикционная муфта из-за своих конструктивных особенностей не обеспечивает постоянного передаточного отношения, т. к. допускает проскальзывание не только при запуске электродвигателя, но и в режиме дробления, что резко понижает частоту вращения ротора, а следовательно, и скорость выброса материала из него на отбойные плиты, при этом процесс диспергирования резко ухудшается и может вообще прекратиться.

Стоимость бесступенчатого тиристорного преобразователя частоты переменного трехфазного тока (рис. 2) пока остается

достаточно высокой; кроме того, он требует дистанцированной установки вдали от источников пылеобразования, что несколько затрудняет контроль управления процессом дробления.

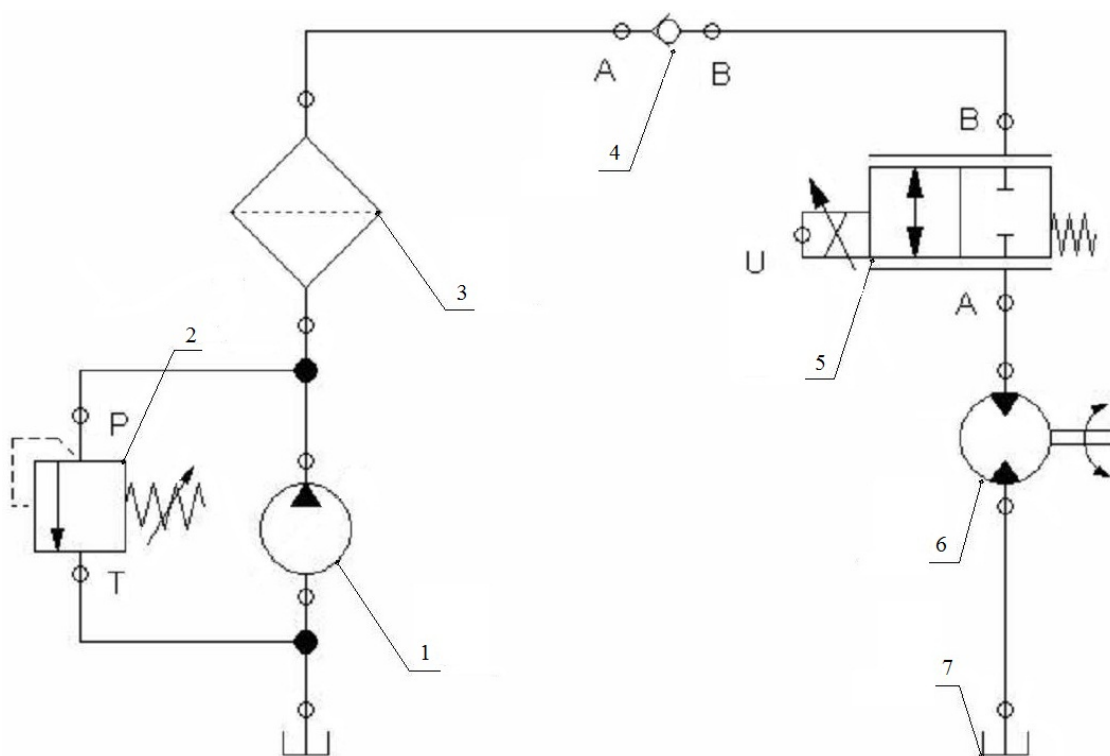


Рисунок 2 Электропривод ЭКТ2Д-63/380-50-АУХЛ4

Поэтому актуальным является рассмотрение вопроса рациональности установки гидропривода для передачи вращения ротору машины, существенно не изменяя её конструкции, вместо традиционно применяемого электропривода.

Предлагаемая для применения гидравлическая схема привода вращения ротора разгонного центробежно-ударного измельчителя представлена на рисунке 3.

Она включает в себя насос 1, предохранительный клапан 2, фильтр тонкой очистки 3, обратный клапан 4, пропорциональный дроссель 5, гидромотор 6, гидробак 7 и магистральный трубопровод.



1 — насос; 2 — предохранительный клапан; 3 — фильтр тонкой очистки; 4 — обратный клапан; 5 — пропорциональный дроссель; 6 — гидромотор; 7 — гидробак

Рисунок 3 Гидравлическая схема привода вращения ротора центробежно-ударной мельницы

Самая простая гидравлическая передача вращательного движения состоит из генератора энергии (насоса) и потребителя этой энергии (гидромотора), нередко той же конструкции и той же величины. В насосе механическая энергия преобразуется в энергию потока рабочей жидкости и направляется к гидромотору, где снова преобразуется в механическую энергию. После отдачи энергии жидкость возвращается в бак.

Регулирование числа оборотов выходного вала гидромотора производится чаще всего варьированием объема жидкости, поступающей от насоса. В общем случае теоретическая производительность насоса составляет:

$$Q_n = q_n \cdot n_n \cdot u_n, \quad (1)$$

где q_n — удельная производительность насоса;

n_n — число оборотов насоса;

u_n — параметр регулирования насоса.

Расход жидкости через гидромотор определяется уравнением:

$$Q_2 = q_2 \cdot n_2, \quad (2)$$

где q_2 — расход жидкости в гидромоторе при максимальной величине регулирования; n_2 — число оборотов гидромотора.

Величины q для насоса и гидромотора зависят от конструктивных особенностей устройств. Если насос и гидромотор лопастного или радиально-поршневого типа, то удельный расход зависит от величины эксцентриситета, т. е. относительного расположения оси ротора по отношению к оси статора. Для насосов и гидромоторов с осевым расположением поршней удельная производительность или удельный расход являются функцией угла наклона шайбы (диска) относительно оси выходного вала.

Для идеального привода ($Q_n=Q_c$), можно записать:

$$i = \frac{n_n}{n_c} = \frac{q_n \cdot u_n}{q_c}, \quad (3)$$

т. е. передаточное отношение привода зависит от отношения удельных характеристик и от параметра регулирования насоса.

Изменение числа оборотов гидромотора достигается изменением параметра регулирования только насоса.

Идеальная характеристика в случае регулирования передачи за счет изменения параметра насоса показана на рисунке 4.

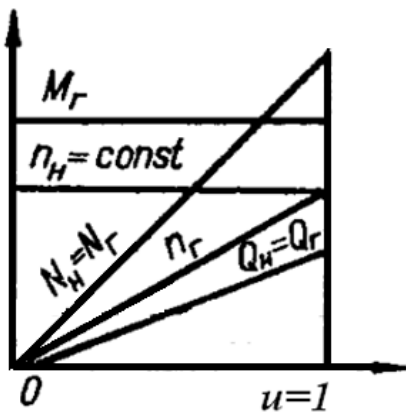


Рисунок 4 Идеальная характеристика гидравлической передачи, регулируемой пропорциональным клапаном

При постоянном числе оборотов насоса изменение регулировочного параметра в нем будет вызывать линейное изменение производительности, а следовательно, — частоты вращения гидромотора и мощности передачи.

Крутящий момент M_r на валу гидромотора зависит от внешней нагрузки, однако при постоянном удельном расходе жидкости в гидромоторе будет неизменным на всем диапазоне регулирования насоса. Это характерно для данного способа регулирования.

С помощью пропорционального регулирования обеспечивается автоматическое изменение подачи жидкости и, соответственно, скорости гидродвигателя. Частота вращения нерегулируемого гидромотора, питаемого от

нерегулируемого насоса, регулируется пропорциональными клапанами, устанавливаемыми на входе или выходе рабочей жидкости из гидромотора. Пропорциональный клапан представляет собой местное гидравлическое сопротивление, устанавливаемое на пути течения жидкости для ограничения (регулирования) ее потока путем создания сопротивления (перепада давления).

К. М. Великанов и Н. В. Решетихин [6], анализируя зависимость экономической эффективности объемного и пропорционального (дрессельного) гидропривода в металлорежущих станках от мощности, пришли к выводам, что, несмотря на малые капиталовложения при создании системы с дроссельным регулированием, целесообразно их применять для малой мощности в пределах до 2000–3000 Вт. При мощности привода до 8000 Вт народнохозяйственные расходы, обусловленные использованием гидропривода с объемным и дроссельным регулированием скорости в станках, существенно не отличаются по величине; при большей мощности привода разница в расходах за год значительно уменьшается для гидропривода с объемным регулированием.

Таким образом, принятая схема регулирования является наиболее приемлемой с точки зрения минимума финансовых затрат (регулируемый объемный привод дороже нерегулируемого), а применение пропорционального клапана позволяет получить такую же статическую характеристику, что и в случае применения регулируемого насоса. Нужное передаточное отношение привода достигается соответствующим выбором удельных производительностей насоса и гидромотора.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Разгонно-ударные дробильно-измельчительные машины обладают высокой производительностью, относительно низкими энергозатратами, хорошей выравненностью гранулометрического состава готового продукта и возможностью его пневмотранспортировки.

При значительной массе ротора из-за большой инерционности возникает проблема его плавного разгона до номинальной частоты вращения.

Применение фрикционной муфты не обеспечивает постоянного передаточного отношения, а стоимость тиристорного преобразователя очень высокая, поэтому было бы рациональней поставить гидропривод в центробежно-ударный измельчитель для передачи вращения ротору машины, существенно не изменяя её конструкции.

Пропорциональное регулирование обеспечивает автоматическое изменение подачи жидкости и, соответственно, скорости гидродвигателя. Частота вращения нерегулиру-

емого гидромотора, питаемого от нерегулируемого насоса, регулируется пропорциональными клапанами, устанавливаемыми на входе или выходе рабочей жидкости из гидромотора.

Принятая схема регулирования гидропривода является наиболее приемлемой с точки зрения минимума финансовых затрат (регулируемый объемный привод дороже нерегулируемого), а применение пропорционального клапана позволяет получить такую же статическую характеристику, что и в случае применения регулируемого насоса.

Библиографический список

1. Диспергирование сыпучих материалов в разгонно-ударных дробильно-измельчительных машинах [Текст] : монография / Э. П. Левченко и др. — Алчевск : ДонГТУ, 2016. — 225 с.
2. Павлиненко, О. И. Анализ возможности использования существующих технических средств для получения стальной колотой дроби [Текст] / О. И. Павлиненко, Э. П. Левченко, В. Г. Чебан // *Металлургические процессы и оборудование: специальный выпуск сборника научных трудов ДонГТУ*. — Донецк : Донецкая политехника, 2016. — № 4 (3). — С. 38–44.
3. Левченко, Э. П. Применение разгонно-ударных мельниц для раскалывания стальной дроби и особенности их скоростных расчетов [Текст] / Э. П. Левченко, О. И. Павлиненко, Д. А. Власенко // *Сборник научных трудов ДонГТУ*. — Алчевск : ДонГТУ, 2016. — Вып 3 (46). — С. 143–148.
4. Левченко, Э. П. Применение гидропривода в дробильно-измельчительных машинах [Текст] / Э. П. Левченко, А. Н. Тумин, Н. Г. Алферов, Н. Э. Онищенко // *Инновационные технологии в промышленности: образование, наука и производство: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции с международным участием*. — Уфа : Изд-во «Нефтегазовое дело», 2016. — С. 393–394.
5. Пат. 2029618 Российская Федерация. МКИ В 02 С 13/14. Центробежная дробилка / А. Н. Онопоченко, А. М. Зинченко, Э. П. Левченко, Р. М. Сухомлин; заявитель и патентообладатель Левченко Эдуард Петрович. — № 4882162/33; заявл. 16.11.90; опубл. 30.01.93, Бюл. № 6.
6. Великанов, К. М. Изменение экономической эффективности вариантов гидропривода металлорежущих станков в зависимости от мощности [Текст] / К. М. Великанов, Н. В. Решетихин // *Научно-технический информационный бюллетень*, 1960. — № 4.

© Тумин А. Н.
 © Павлиненко О. И.
 © Левченко Э. П.

Рекомендована к печати к.т.н., проф. каф. ММК ДонГТУ Ульяницким В. Н., д.т.н., проф. каф. АИПТМ ЛНУ им. В. Даля Замотой Т. Н.

Статья поступила в редакцию 04.10.17.

**к.т.н. Левченко Е. П., Тумін О. М., Павлиненко О. І. (ДонДТУ, м. Алчевськ, ЛНР)
ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОПРИВОДУ У ВІДЦЕНТРОВОМУ РОЗГІННО-УДАРНОМУ
МЛИНІ**

Представлено можливість модернізації конструкції відцентрового млина розгінно-ударного типу шляхом заміни у якості привода трьохфазного електричного двигуна змінного струму на гідродвигун.

Ключові слова: *розгінно-ударний млин, ефективність, диспергування матеріалів, електропривод, гідропривод.*

**PhD Levchenko E. P., Tumin A. N., Pavlinenko O. I. (DonSTU, Alchevsk, LPR)
USING THE HYDRAULIC DRIVE IN CENTRIFUGAL ROTOR-IMPACT MILL**

There has been given the possibility for upgrading the design of centrifugal impact mill by changing the three-phase electric drive motor of alternative current with a hydraulic drive.

Key words: *rotor-impact mill, efficiency, dispersion of materials, electric drive, hydraulic drive.*