

Председатель
редакционного совета
и главный редактор
СЕМЕНОВ Е.И., д.т.н., проф.

Зам. председателя
редакционного совета:
ДЕМИН В.А., д.т.н., проф.
КОЛЕСНИКОВ А.Г., д.т.н., проф.

Зам. главного
редактора
СЕРИКОВА Е.А.

Редакционный совет:
БЛАНТЕР М.С., д.ф.-м.н., проф.
БОГАТОВ А.А., д.т.н., проф.
ГАРИБОВ Г.С., д.т.н., проф.
ГРОМОВ В.Е., д.ф.-м.н., проф.
ГУН И.Г., д.т.н., проф.
ЕВСЮКОВ С.А., д.т.н., проф.
ЕРШОВ М.Ю., д.т.н., проф.
КАСАТКИН Н.И., к.т.н., проф.
КИДАЛОВ Н.А., д.т.н., проф.
КОРОТЧЕНКО А.Ю., к.т.н., доц.
КОТЕНКО В.И., д.т.н.
КОШЕЛЕВ О.С., д.т.н., проф.
КРУК А.Т., д.т.н., проф.
ЛАВРИНЕНКО В.Ю., д.т.н., доц.
МОРОЗ Б.С., д.т.н., проф.
МУРАТОВ В.С., д.т.н., проф.
НАЗАРЯН Э.А., д.т.н., проф.
ОВЧИННИКОВ В.В., д.т.н., проф.
ПОВАРОВА К.Б., д.т.н., проф.
ПОЛЕТАЕВ В.А., д.т.н., проф.
СЕМЕНОВ Б.И., д.т.н., проф.
СУБИЧ В.Н., д.т.н., проф.
ТРЕГУБОВ В.И., д.т.н., проф.
ШАТУЛЬСКИЙ А.А., д.т.н., проф.
ШЕРКУНОВ В.Г., д.т.н., проф.
ШЕСТАКОВ Н.А., д.т.н., проф.
ШПУНЬКИН Н.Ф., к.т.н., проф.
ЯМПОЛЬСКИЙ В.М., д.т.н., проф.
БАСТ Ю., Dr.-Ing. habil., prof.
ТУТМАН Т., Dr.Yur.
ЭРКСЛЕБЕН С., Dr.-Ing.

Ответственный
за подготовку и выпуск
номера
СЕРИКОВА Е.А.

Журнал зарегистрирован
в Министерстве связи
и массовых коммуникаций РФ.
Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-63952
от 09.12.2015

За содержание рекламных
материалов ответственность
несет рекламодатель

Журнал распространяется
по подписке, которую можно
оформить в любом почтовом
отделении (индекс по каталогу
агентства "Роспечать" 81580,
по Объединенному каталогу
"Пресса России" 39205,
по каталогу "Почта России"
60261) или непосредственно
в издательстве.

Тел.: (499) 268-47-19, 269-54-96
Http: //www.mashin.ru
E-mail: zpm@mashin.ru

СОДЕРЖАНИЕ

Литейное и сварочное производства

- Жижкина Н.А. Разработка технологии внепечной обработки расплава высоколегированного чугуна для рабочего слоя центробежно-литых валков 3
- Овчинников В.В., Дриц А.М., Курбатова И.А., Гуреева М.А. Технологические аспекты подготовки поверхности деформируемых алюминиевых сплавов под дуговую сварку 7

Кузнечно-штамповочное производство

- Соболев Я.А., Чудин В.Н., Кузнецов М.В. Формообразование корпусных трехслойных стрингерных панелей 16
- Гойдо М.Е., Бодров В.В., Багаудинов Р.М., Шнайдер Л.Б. Реконструкция ковочного прессы "UNITED" силой 20 МН 20

Прокатно-волочильное производство

- Песин А.М., Пустовойтов Д.О. Моделирование кинематики течения металла при асимметричной тонколистовой прокатке алюминиевого сплава 5083 26
- Мышечкин А.А., Минин А.В. Опыт производства стальной проволоки для производства метизных изделий 32

Материаловедение и новые материалы

- Пучков Ю.А., Фам Хонг Фу. Влияние режимов охлаждения при закалке на структуру и свойства сплавов системы Al—Mg—Si 37
- Петров А.Н., Логинов Б.А., Петров М.А. Исследование шероховатости и толщины теплозащитных покрытий для заготовок из никелевых сплавов 42

Информация

- Леушин И.О., Грачёв А.Н., Маслов К.А., Леушина Л.И., Моисеев Д.О. К вопросу о дегазации свинцовой литейной латуни марки ЛЦ40Сд 47

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

Журнал выходит при содействии:

Академии Проблем Качества Российской Федерации; Министерства образования и науки Российской Федерации; Воронежского завода тяжелых механических прессов; ЦНИИЧермет; ВНИИМЕТМАШ; ИМЕТ РАН; Каширского завода "Центролит"; АМУРМЕТМАШ; ООО "МЕТАЛЛИТМАШ"; ФГУП ГНПП "Сплав"

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, публикуемых в журнале "Заготовительные производства в машиностроении", допускаются со ссылкой на источник информации и только с разрешения редакции.

М.Е. Гойдо, В.В. Бодров, Р.М. Багаутдинов, Л.Б. Шнайдер
(ООО "Уральский инжиниринговый центр", г. Челябинск)

Реконструкция ковочного пресса "UNITED" силой 20 МН

Приведена информация о технических решениях, реализованных при замене пароводяного привода ковочного пресса производства фирмы UNITED на гидропривод с машинным управлением, работающий на минеральном масле.

Ключевые слова: гидропривод пресса; наполнение рабочих гидроцилиндров во время холостого хода; снижение потерь энергии; режимы работы; технические характеристики.

The information about the technical solutions implemented by replacing steam-water drive of forging press of company UNITED production on drive with the computer control, working on mineral oil is presented.

Keywords: hydraulic drive of press; filling of working cylinders during idling; reduction of energy losses; modes; specifications.

До настоящего времени на ряде предприятий нашей страны эксплуатируются прессы с парогидравлическим приводом. Из-за низкого коэффициента полезного действия парогидравлического привода и постепенного сокращения числа источников пара со второй половины прошлого века взамен парогидравлического привода применяют гидравлический (см. кн.: Модернизация кузнечно-штамповочного оборудования / под общ. ред. А.П. Иванова, В.Д. Лисицына. М.—Л.: Машгиз, 1961. 227 с. и [1]).

В подавляющем большинстве случаев на прессах с парогидравлическим приводом в качестве рабочей жидкости используют воду или водную эмульсию; жидкость высокого давления в период выполнения рабочего хода поступает в рабочие гидроцилиндры подвижной траверсы пресса из мультипликатора, преобразующего энергию пара в энергию жидкости; для подачи жидкости в возвратные гидроцилиндры пресса используют насосно-аккумуляторную станцию (см. кн.: Мюллер Э. Гидравлические прессы и их приводы. Т. 1. Ковочные прессы / пер. с нем. М.: Машиностроение, 1965. 316 с.).

В связи с этим при переходе от парогидравлического привода к гидравлическому обычно в качестве рабочей жидкости сохраняют воду или водную эмульсию, в качестве источника жидкости высокого давления используют насосно-аккумуляторную станцию, а гидравлический привод выполняют с дроссельным управлением.

Ковочный пресс с пароводяным приводом силой 20 МН производства фирмы UNITED (США), реконструкция которого была проведена в 2015 г. ООО "Уральский инжиниринговый центр" (г. Челябинск) по заказу ООО "Северный Металлоцентр" (г. Санкт-Петербург), обладал той особенностью, что для подъема подвижной траверсы использовалась не жидкость, а пар, т.е. возвратные (подъемные) цилиндры были не гидравлическими, а паровыми. Поэтому пресс не был укомплектован для обеспечения перемещения подвижной траверсы насосной установкой.

Поскольку одной из главных целей реконструкции пресса являлось повышение его коэффициента полезного действия при минимально возможных затратах, то с учетом изложенного выше было принято решение при замене парогидравлического привода на гидравлический отказаться от дроссельного способа управления (за исключением случая холостого хода подвижной траверсы вниз, который происходит под действием силы ее тяжести) и в качестве рабочей жидкости использовать минеральное масло.

Выбор в качестве рабочей жидкости масла вместо воды или водной эмульсии продиктован более низкой стоимостью, большей доступностью (распространенностью) и более продолжительным сроком службы гидрооборудования для масляных гидросистем по сравнению с аналогичным по назначению гидрооборудованием для гидросистем, ра-



Рис. 1. Общий вид ковочного пресса "UNITED"

ботающих на воде и водной эмульсии. Большинство известных мировых производителей прессов (в частности, RANKE, SMS MEER, SIEMPELKAMP (Германия), DANIELI (Италия)) в течение многих лет успешно выпускают мощные прессы (в том числе и ковочные) с гидросистемами, работающими на масле [2].

При реконструкции пресса "UNITED" (рис. 1) из существующего гидрооборудования сохранились только рабочие гидроцилиндры (пресс выполнен с двумя рабочими плунжерными гидроцилиндрами, рабочие полости которых соединены между собой) и гидроцилиндры привода стола. При этом узел уплотнения плунжеров рабочих гидроцилиндров был подвергнут доработке для повышения его герметичности. Новые подъемные гидроцилиндры спроектированы и изготовлены таким образом, что их соединение с архитравом и подвижной траверсой пресса не потребовало каких-либо доработок последних.

При проведении модернизации гидросистемы пресса была поставлена задача не использовать в ней сосуды высокого давления, подлежащие регистрации в органах Ростехнадзора, а также бак наполнения.

Применение бака наполнения, работающего под манометрическим давлением, исключено автоматически как сосуда высокого давления. Использование бака наполнения, работающего под атмосферным давлением и находящегося выше рабочих гидроцилиндров гидропривода подвижной траверсы пресса (пресс выполнен с верхним расположением рабочих гидроцилиндров), было нежелательным из-за низкого расположения подкрановых путей в цехе.

Одним из вариантов обеспечения качественного (без нарушения сплошности жидкости) заполнения полостей рабочих гидроцилиндров при холостом ходе подвижной траверсы пресса вниз с повышенной скоростью является применение гидропреобразователя, работающего как мультипликатор расхода и обеспечивающего получение необходимого расхода рабочей жидкости за счет энергии жидкости, подаваемой при меньшем расходе силовыми насосами гидропривода пресса. Такой гидропреобразователь может быть выполнен как поступательного, так и вращательного движения (рис. 2).

При реконструкции пресса "UNITED" было использовано другое техническое решение: в гидросистему пресса в дополнение к силовым насосам (насосам, входящим в состав насосной установки высокого давления) для заполнения полостей рабочих гидроцилиндров при холостом ходе подвижной траверсы пресса вниз с повышенной скоростью введены насосы низкого давления (насосы, входящие в состав насосной установки низкого давления) (рис. 3).

При таком исполнении гидросистемы пресса подача силовых насосов выбирается из условия обеспечения заданной максимальной скорости осуществления рабочего хода подвижной траверсы, а подача насосов низкого давления — из условия обеспечения совместно с силовыми насосами расхода рабочей жидкости, соответствующего заданной максимальной скорости осуществления холостого хода подвижной траверсы вниз.

В реконструированной гидросистеме пресса "UNITED" в составе насосной установки

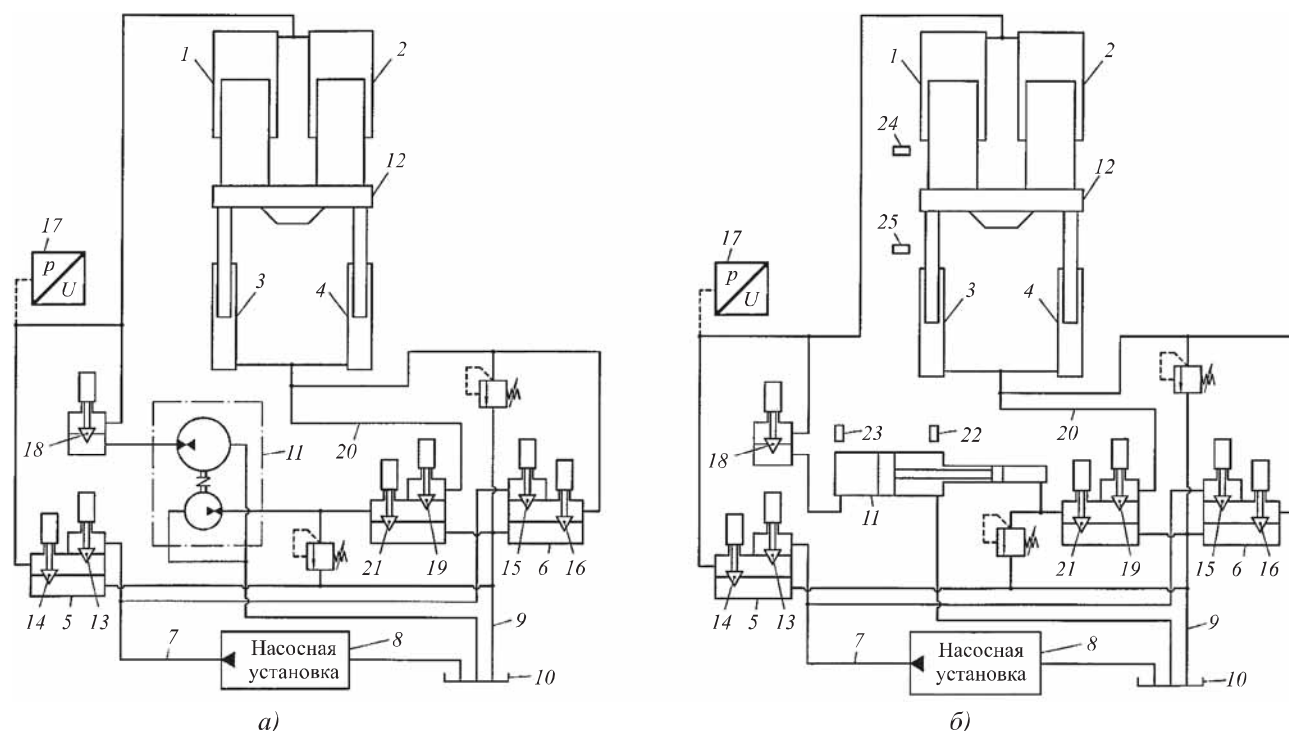


Рис. 2. Упрощенные принципиальные схемы гидропривода подвижной траверсы вертикального пресса с гидропреобразователем вращательного (а) и поступательного (б) движения (заявка на изобретение RU № 2015121208):

1, 2 — рабочие гидроцилиндры; 3, 4 — возвратные гидроцилиндры; 5 — гидрораспределитель рабочих гидроцилиндров; 6 — гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров; 7 — напорная гидролиния; 8 — насосная установка; 9 — сливная гидролиния; 10 — гидробак; 11 — гидропреобразователь; 12 — подвижная траверса; 13–16, 18, 19, 21 — управляемые клапаны; 17 — датчик давления; 20 — напорная гидролиния для клапана 19; 22–25 — концевые выключатели

высокого давления используются семь силовых насосов, из которых пять насосов являются нерегулируемыми, а два насоса — регулируемые и выполнены с пропорциональным электрическим управлением.

Наличие насосов с пропорциональным электрическим управлением позволяет плавно регулировать скорость подъема подвижной траверсы пресса практически во всем предусмотренном техническим заданием диапазоне изменения этой скорости, а во время рабочего хода пресса плавно снижать скорость движения подвижной траверсы при приближении ее к положению, соответствующему заданной координате останова [3, 4], и тем самым обеспечивать высокую точность (± 2 мм) достижения ковочного размера.

При повышенных скоростях движения подвижной траверсы во время выполнения рабочего хода изменение скорости траверсы осуществляется ступенчато путем перевода части силовых нерегулируемых насосов с режима разгрузки в режим работы на нагрузку (для увеличения скорости движения траверсы) или

наоборот (для уменьшения скорости движения траверсы). Предусмотрена возможность автоматической разгрузки части силовых нерегулируемых насосов в период выполнения рабочего хода пресса в функции давления в общем напорном коллекторе силовых насосов (и, соответственно, в рабочих гидроцилиндрах) для ограничения потребляемой прессом мощности на заранее установленном уровне.

Реализован также режим работы пресса с ограничением максимальной развиваемой им силой. При использовании указанного режима в случае достижения давлением в рабочих полостях рабочих гидроцилиндров (в соответствии с сигналом соответствующего датчика давления) заданного значения выполнение рабочего хода траверсы автоматически прекращается.

В составе насосной установки низкого давления модернизированной гидросистемы пресса используются два идентичных центробежных насоса, каждый из которых соединяется с полостями рабочих гидроцилиндров через индивидуальный клапан с электро-

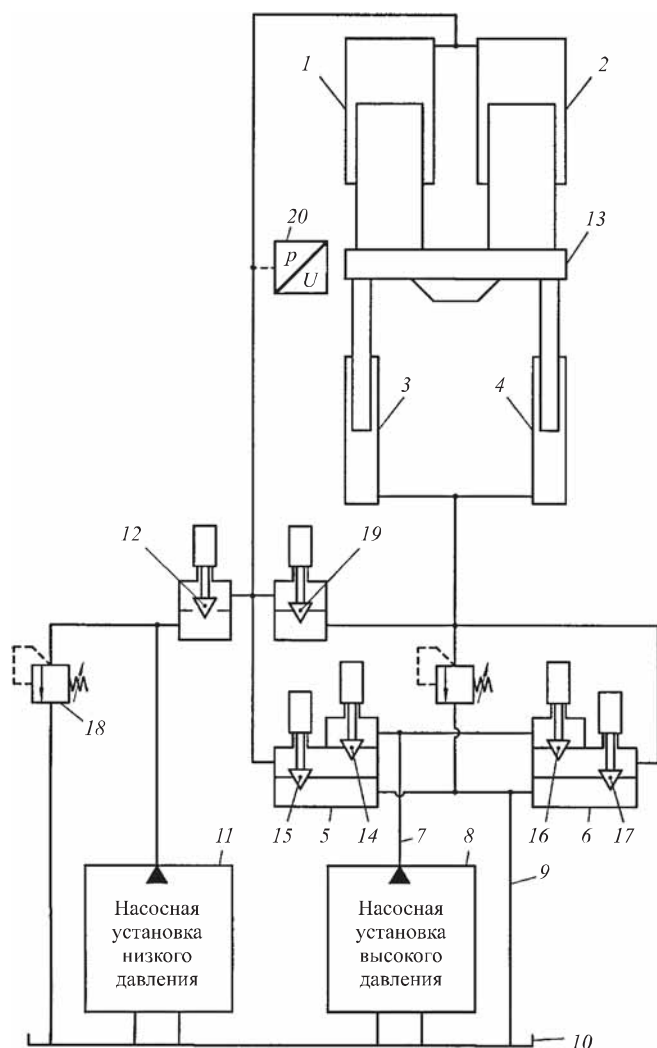


Рис. 3. Упрощенная принципиальная схема гидропривода подвижной траверсы вертикального прессы с использованием для наполнения рабочих гидроцилиндров насосов низкого давления (заявка на изобретение RU № 2015135149):

1, 2 — рабочие гидроцилиндры; 3, 4 — возвратные гидроцилиндры; 5 — гидрораспределитель рабочих гидроцилиндров; 6 — гидрораспределитель возвратных гидроцилиндров; 7 — напорная гидролиния; 8 — насосная установка высокого давления; 9 — сливная гидролиния; 10 — гидробак; 11 — насосная установка низкого давления; 12, 14–17, 19 — управляемые клапаны; 13 — подвижная траверса; 18 — предохранительный клапан; 20 — датчик давления

гидравлическим управлением, выполняющий функцию клапана наполнения.

Разгрузка рабочих гидроцилиндров от высокого давления по окончании рабочего хода прессы и слив масла из указанных гидроцилиндров в гидробак гидросистемы, находящийся под атмосферным давлением, при подъеме подвижной траверсы осуществляются через соответственно разгрузочный и сливной

клапаны с электрогидравлическим управлением, входящие в состав гидрораспределителя рабочих гидроцилиндров.

Для обеспечения поддержания практически постоянного давления в рабочих полостях подъемных гидроцилиндров при работе прессы в режиме шлихтовки (проглаживания) в состав гидросистемы прессы включены три пневмогидравлических аккумулятора вместимостью по 50 л каждый.

Гидрораспределитель подъемных гидроцилиндров содержит в своем составе два напорных и два сливных клапана с электрогидравлическим управлением, два регулируемых дросселя и предохранительный клапан. Посредством одного из напорных клапанов рабочие полости подъемных гидроцилиндров могут соединяться с общим напорным коллектором силовых насосов (для осуществления подъема подвижной траверсы при работе прессы в режимековки), а посредством другого (при работе прессы в режиме шлихтовки) — с общим напорным коллектором пневмогидравлических аккумуляторов. Два сливных клапана в сочетании с регулируемыми дросселями позволяют обеспечить три настраиваемых скорости холостого хода вниз ("свободного" опускания) подвижной траверсы прессы.

Все клапаны с электрогидравлическим управлением (типа LC с крышками типа LFA производства компании Bosch Rexroth AG, Германия) имеют встраиваемое исполнение и являются нормально закрытыми, т.е. при обесточенном электромагните управления проходное сечение клапана закрыто. При подаче напряжения на электромагнит напорного клапана, с помощью которого рабочие полости подъемных гидроцилиндров соединяются с общим напорным коллектором пневмогидравлических аккумуляторов, движение жидкости через этот клапан может осуществляться в обоих возможных направлениях. Остальные клапаны при подаче напряжения на их электромагнит управления допускают движение жидкости только в одном направлении.

При работе прессы в режиме шлихтовки электромагнит управления напорным клапаном рабочих гидроцилиндров постоянно находится под напряжением (что возможно благодаря тому, что рабочие полости подъемных гидроцилиндров на этом режиме работы прессы соединены с общим напорным коллекто-

ром пневмогидравлических аккумуляторов), а перемещение подвижной траверсы вверх или вниз обеспечивается в результате перевода силовых насосов из режима работы на нагрузку в режим разгрузки или, наоборот, при одновременном осуществлении соответственно подачи напряжения на электромагниты управления разгрузочным и сливным клапанами рабочих гидроцилиндров или обесточивания электромагнитов.

Для подзарядки пневмогидравлических аккумуляторов, к общему напорному коллектору которых присоединена также напорная гидролиния управления регулируемых насосов, используется насос управления.

Для решения задач поддержания требуемых температуры и чистоты рабочей жидкости в гидробаке пресса установлены электронагреватели и в составе его гидросистемы имеется контур фильтрации и охлаждения рабочей жидкости, в который входят два циркуляционных насоса, фильтры и пластинчатый разборный теплообменный аппарат с водяным охлаждением.

Все гидрооборудование пресса (за исключением гидроцилиндров привода подвижной траверсы и стола, а также части трубопроводов) размещено в отдельном помещении насосной установки (на нулевой отметке цеха). Помещение пультовой оператора пресса расположено рядом с помещением насосной установки таким образом, что из него через окно в боковой стене можно наблюдать за тем, что происходит в помещении насосной установки.

Электрогидравлическая система управления пресса содержит в своем составе два пульта: главный пульт управления, расположенный в помещении пультовой оператора, и местный пульт управления, расположенный в помещении насосной установки и предназначенный для проведения наладочных работ.

Контроллерная часть системы управления пресса выполнена на базе аппаратных и программных средств производства компании OMRON (Япония). Главный пульт управления укомплектован панелью оператора модели NA5-15W101S, обеспечивающей: визуализацию работы электрогидравлической системы управления прессом; ввод и редактирование различных параметров, регламентирующих работу системы управления; вывод предупредительных, информационных и аварийных сообщений.

С точки зрения выполняемых технологических операций пресс может работать в режимах ковки и шлихтовки. С точки зрения возможностей управления пресс может работать в наладочном режиме, режиме смены инструмента, ручном, полуавтоматическом и автоматическом режимах управления. Выбор режимов работы осуществляется оператором посредством соответствующих переключателей, расположенных на главном пульте управления пресса.

При работе в режиме "Смена инструмента" исключается возможность повышения давления в полостях рабочих гидроцилиндров сверх давления, создаваемого центробежными насосами (насосами низкого давления). При работе в режиме "Ковка" предусмотрена возможность блокирования перехода от холостого хода подвижной траверсы вниз к рабочему ходу путем удержания в нажатом состоянии соответствующей кнопки на ручке джойстика управления траверсой.

В рамках режима "Ковка" для случая ручного управления прессом предусмотрен дополнительный режим "Рубка". Данный режим предназначен для использования при выполнении операции рубки заготовок и отличается тем, что после установки оператором ручки джойстика управления подвижной траверсой пресса в нейтральное положение после выполнения рабочего хода разгрузка рабочих гидроцилиндров от давления не производится до тех пор, пока оператор не переместит ручку джойстика в положение, соответствующее подъему подвижной траверсы. Благодаря этому после врезания в заготовку топора, посредством которого осуществляется рубка, улучшаются условия для корректировки угла наклона топора (установки топора в вертикальное положение) путем перемещения стола пресса.

Реализованная структура гидропривода при работе пресса в режиме ковки позволяет переводить силовые насосы с разгрузочного режима в режим работы на нагрузку (предварительно на электромагнит управления напорным клапаном рабочих гидроцилиндров должно быть подано напряжение) с самого начала выполнения холостого хода подвижной траверсы вниз. В этом случае рабочий ход подвижной траверсы при наличии команды на ее перемещение вниз начинается самопроизвольно после появления сопротивления пере-

мещению траверсы, и для его начала не требуется осуществлять контроль давления в рабочих полостях подъемных гидроцилиндров и скорости движения траверсы (что необходимо при использовании насосно-аккумуляторного гидропривода обычного для прессов исполнения [5]).

Технические характеристики работы пресса после реконструкции полностью соответствуют требованиям технического задания на ее проведение.

Основные технические характеристики работы пресса

Максимальное рабочее давление питания гидропривода, МПа:	
подвижной траверсы	40
стола	18
Число ступеней силы	1
Номинальная сила пресса, МН.	20
Наибольший ход подвижной траверсы, мм.	1830
Максимальная скорость движения подвижной траверсы, мм/с:	
при холостом ходе вниз	120
при рабочем ходе	50
при подъеме	140
Способ регулирования скорости движения подвижной траверсы:	
при холостом ходе вниз	ступенчатый
во время рабочего хода.	ступенчатый (на скоростях движения до 10 мм/с — машинный непрерывный)
при подъеме	машинный непрерывный
Наибольшее число рабочих ходов подвижной траверсы в минуту (не менее) при максимальной силе деформации, не превышающей 80 % от номинальной силы пресса:	
при ковке (при глубине деформации поковки не более 100 мм и высоте поднятия бойка над поковкой не более 50 мм).	10
при шлихтовке (при ходе траверсы не более 20 мм)	40
Точность обеспечения ковочного размера, мм.	±2
Максимальная скорость перемещения стола, мм/с	100
Способ регулирования скорости движения стола.	машинный непрерывный

Заключение. Получен положительный опыт использования на ковочном прессе гидропривода с машинным управлением и подтверждена целесообразность применения такого гидропривода.

Применение в гидросистеме ковочного пресса (в дополнение к насосам высокого давления) насосов низкого давления позволяет обеспечить качественное (без нарушения сплошности жидкости) заполнение полостей рабочих гидроцилиндров при холостом ходе подвижной траверсы пресса вниз с повышенной скоростью и исключить необходимость в использовании на прессе бака наполнения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Блик Ф.С.** Модернизация мощного кузнечно-прессового оборудования. Екатеринбург: ООО "Компания КОПИМАРКЕТ", 2013. 356 с.
2. **Ганс-Йоахим Панке** и разработка пресса свободнойковки / Сост.: В. Вестермейер; под ред. К. Бильхарца. Метцинген (Германия): ВЕПУКО ПАНКЕ Гмбх, 2012. 53 с.
3. **Управление** остановкой подвижной траверсы пресса в заданном положении / М.Е. Гойдо, В.В. Бодров, Р.М. Багаутдинов, А.А. Батулин // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 6. С. 22–26.
4. **Управление** подвижной траверсой ковочного пресса в автоматическом режиме работы / М.Е. Гойдо, В.В. Бодров, Р.М. Багаутдинов, П.Б. Серебряков // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2012. № 6. С. 14–19.
5. **Режимы** работы штамповочного пресса НП-130 с модернизированной электрогидравлической системой управления / М.Е. Гойдо, В.В. Бодров, Р.М. Багаутдинов, А.А. Носенко // Заготовительные производства в машиностроении. 2009. № 3. С. 31–34.

*Максим Ефимович Гойдо, канд. техн. наук,
goido@cheltec.ru;*

*Валерий Владимирович Бодров, канд. техн. наук;
Рамиль Мерсеитович Багаутдинов;
Леонид Бенюминович Шнайдер*