УДК 622.223:621.22

Б. И. Коган, А. В. Егоров

ГИДРОЦИЛИНДРЫ ГОРНЫХ МАШИН. ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ.

Гидроцилиндры горных машин (рис.1) работают в условиях повышенной запыленности и влажности, абразивного износа гильз, поршней, штока, уплотнений поршня. Стальные детали гидроцилиндров подвержены коррозии.

Независимо от многообразия конструкций и схем любой силовой гидроцилиндр состоит из корпуса с внутренней цилиндрической расточкой (зеркалом) и поршня со штоком, выходящим из корпуса и соединяющимся с нагрузкой (рис. 2)

Параметры гидроцилиндра (мощность, расход, прочность элементов) определяются силой трения в уплотнениях, качеством материала и монтажа, характеристиками соприкасающихся поверхностей, динамикой величин нагрузок. Они составляют основу конструкций механизированных крепей. Исходя из такого назначения они разделяются на две принципиально разные по конструкции и режимам работы группы: цилиндры передвижения базы крепи - гидродомкраты (рис. 3) и цилиндры поддержания верхних перекрытий крепи, сопротивляющихся опусканию кровли – гидростойки (рис. 4)

После механической обработки гильзы должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

-внутренняя поверхность должна быть выполнена по посадке Н7, конусность, овальность и бочкообразность допускается не более половины поля допуска указанной посадки;

-отклонение от прямолинейности оси гильзы допускается не более 0,03 мм на длине 500 мм;

-у гильз цилиндров с торцовым креплением головок биение торцов допускается не более 0,05 мм

-биение поверхностей центрирования крышек относительно внутренней поверхности гильзы допускается не более половины поля допуска на диаметр центрирующей поверхности;

-допускаемое биение среднего диаметра резьбы относительно поверхности центрирования головки должно быть не более половины поля допуска на диаметр центрирующей поверхности;

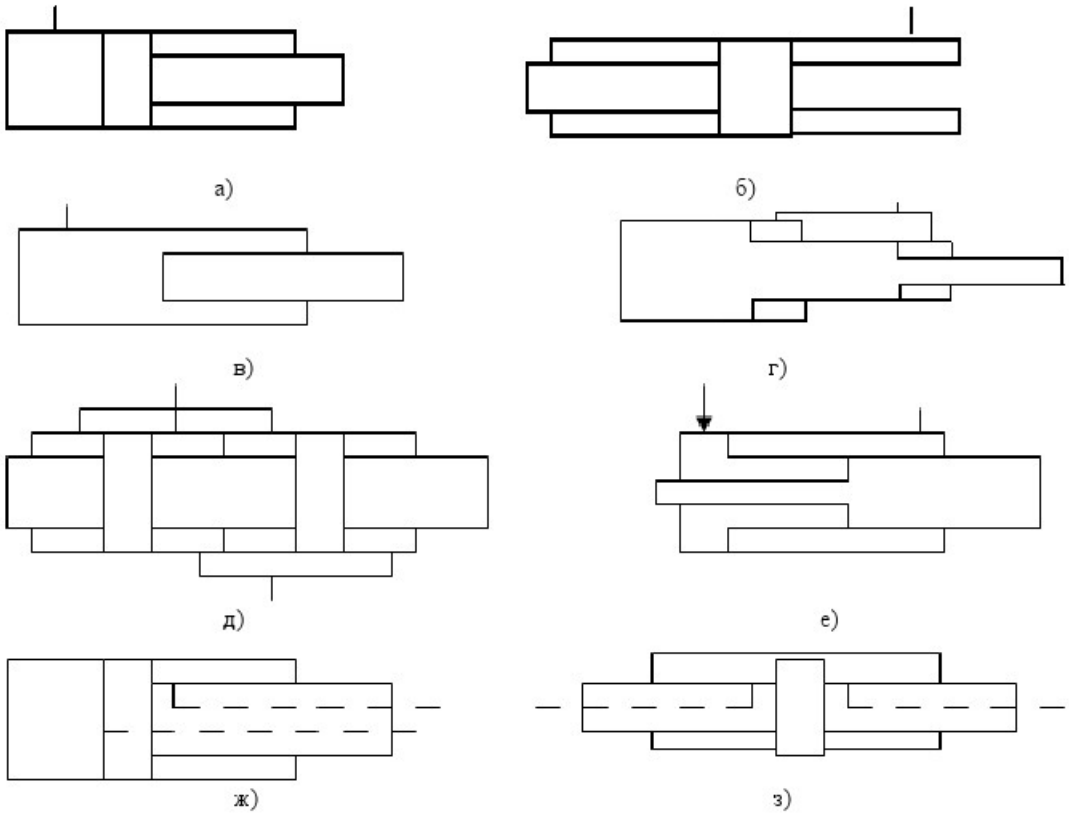

Рис. 1. Принципиальные схемы силовых гидроцилиндров:а- поршневой гидроцилиндр с односторонним штоком; б- поршневой гидроцилиндр с двухсторонним штоком; в- плунжерный гидроцилиндр; г- телескопический гидроцилиндр; д- двухкамерный гидроцилиндр; е- многоскоростной гидроцилиндр со ступенчатым поршнем; ж, з- цилиндры двухстороннего действия

-у гильз, к которым приварены задние головки с проушинами а так же траверсы или цапфы допускаются:

смещение оси отверстия под палец в задней проушине относительно внутреннего диаметра гильзы не более 0,03 мм;

неперпендикулярность оси отверстия относительно внутреннего диаметра гильзы не более 0,01 мм на длине 100 мм;

отклонение от соосности поверхности цапфы относительно внутреннего диаметра гильзы не более 0,1 мм;

неперпендикулярность оси цапфы относительно внутреннего диаметра не более 0,1 мм на длине 100 мм;

монтажные фаски, облегчающие заводку уплотняющих элементов поршня в гильзу, следует выполнять под углом 15-30 градусов, с чистотой поверхности не ниже Ra 1,25, со скруглением грани на пересечении этой поверхности с внутренней поверхностью гильзы.

Чистота обработки внутренней поверхности гильзы для цилиндров, поршни которых уплотняются резиновыми кольцами, Ra=0,16мкм.

Практически такая чистота достигается хонингованием или применением роликовой раскатки.

Для предохранения внутренней поверхности гильзы от коррозии, а так же для повышения долговечности применяются металлические покрытия, из которых наиболее распространены твердое и пористое хромирование. Для дюралевых гильз применяется как хромирование, так и хромокислое анодирование. Толщина слоя хрома должна быть 36-42 мкм. После покрытия внутренняя поверхность гильзы полируется.

Наружная поверхность гильзы окрашивается маслостойкой краской или кадмируется.

Штоки могут быть сплошные и полые. Сплошные штоки изготовляются из углеродистых сталей 35 и 45, а так же из хромистой стали марки 40Х, что предпочтительно. Полые штоки изготов-

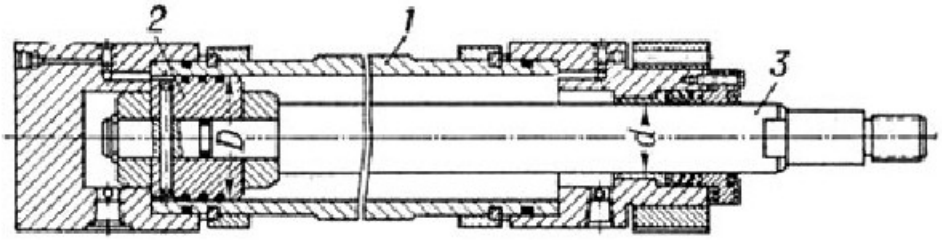

Рис. 2. Силовой гидроцилиндр: корпус (гильза); 2- поршень; 3- шток

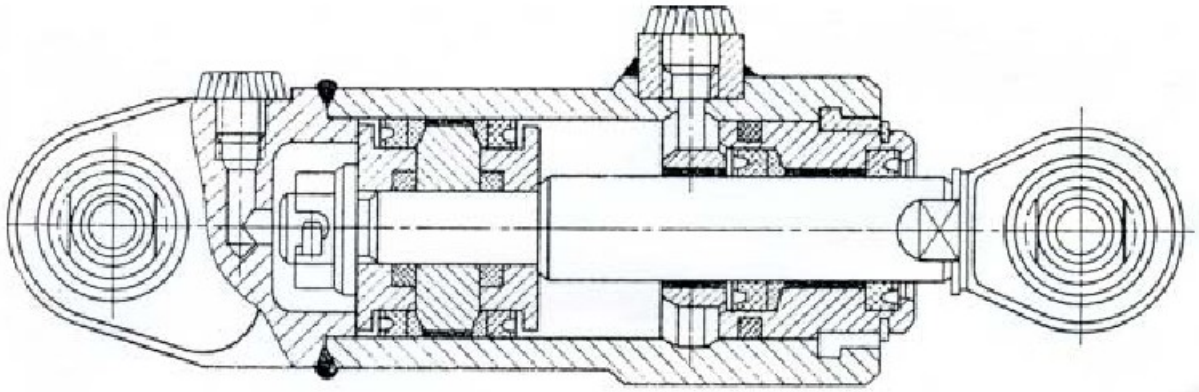

Рис. 3. Гидродомкрат передвижения крепи

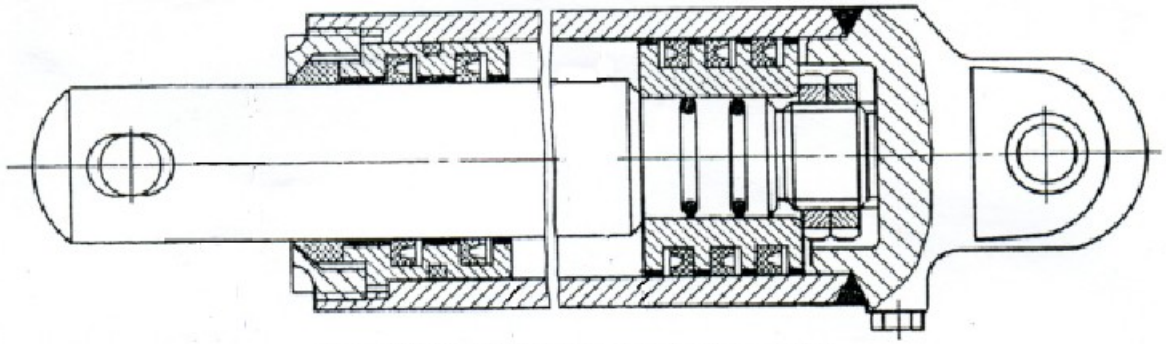

Рис. 4. Гидростойка механизированной крепи

ляются сварными из труб по ГОСТ 8734-75 и 8752-79. Материал труб- сталь 35.

Термическая обработка штоков заключается в улучшении после предварительной механической обработки до твердости НВ 229-285 с последующей закалкой токами высокой частоты до твердости HRC 45-55. В сварных штоках следует предусмотреть отверстие для выхода газов при сварке и термической обработке во избежание разрыва трубы.

После механической обработки штоки должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

-рабочая поверхность штока должна быть выполнена по посадке f9. Поверхность шейки, на которую насаживается поршень, выполняется по посадке Н8. Конусность и овальность допускаются в пределах поля допуска указанных посадок;

-непрямолинейность оси штока допускается не более 0,03 мм на длине 500мм;

-биение рабочей поверхности штока относительно поверхности шейки, на которую насаживается поршень, допускается не более 0.01 мм;

-неперпендикулярность торца, на который опирается поршень, к поверхности посадочной шейки допускается не более 0,01 : 100;

-если в штоке предусмотрено отверстие для соединительного пальца, то оно выполняется по посадке Н9. Неперпендикулярность оси этого отверстия к рабочей поверхности штока допускается не более 0,025 мм на длине 100мм. Смещение оси штока допускается не более 0,1 мм.

Чистота поверхности штока выполняется не ниже Ra 0,32. Поверхность штока хромируется и полируется.

Поршень изготовляется из антифрикционного чугуна, серого чугуна, а так же из стали с покрытиями бронзой, латунью, капроном. После механической обработки поршень должен удовлетворять следующим техническим требованиям:

-рабочая поверхность поршня выполняется по посадке f9, а отверстие, которым поршень насаживается на шток,- по посадке Н7;

-биение рабочей поверхности поршня относительно посадочного отверстия и оси поршня не более 0,03 мм;

-биение торцов поршня при проверке на оправке в центрах не более 0,03 мм;

-овальность рабочей поверхности не более 0.03 мм.

Чистота рабочей поверхности поршня должна соответствовать Ra 0,63 или Ra 1,25.

Головки гидроцилиндров изготовляются из стальных поковок, сталей 35 и 45, отливок из сталей 35Л и 45Л, а так же из чугуна СЧ 21, СЧ 28 и СЧ 32.

Направляющей штока может быть сама головка гидроцилиндра. В этом случае она должна быть изготовлена из чугуна или иметь на рабочей поверхности наплавку из бронзы, латуни и капрона.

Направляющей штока также может служить втулка, запресованная или вставленная по посадке в головку.

Втулки изготовляются из антифрикционного чугуна, серого чугуна, бронзы, латуни, капрона, а также биметаллические.

После механической обработки головки должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

-направляющее отверстие под шток или втулку штока выполняется по посадке Н7;

-биение направляющего отверстия под шток относительно поверхности центрирования головки с гильзой не более 0,03 мм;

-поверхность центрирования головки с гильзой выполняется по посадке Н7/f9;

-если в задней головке предусмотрено отверстие для соединительного пальца, то оно выполняется по посадке Н9. Неперпендикулярность оси этого отверстия к поверхности центрирования с гильзой- не более 0,025 мм на длине 100 мм. Смещение оси отверстия относительно продольной оси головки допускается не более 0,1 мм.

Чистота поверхности направляющей штока выполняется не ниже Ra 2,5мкм.

Для изготовления резиновых манжет применяются резины марок: В-14; В-14-1; 3825; 3826; 3465; 4004; 4327; УА-1 (Кр 360) и ИРП 1290.

Поршневые кольца изготовляются из серого чугуна СЧ 21. Механические свойства литых заготовок: $\sigma_в$=36 кгс/см², НВ 170-241.

Микроструктура поршневых колец должна состоять из мелкопластинчатого перлита с равномерно распределенным мелким или средним пластинчатым графитом.

Модуль упругости материала колец должен находиться в пределах 9000-11000.

После механической обработки поршневые кольца должны удовлетворять следующим техническим требованиям:

-трещины, раковины, рыхлости, черновины, следы засоренности инородными включениями, отбелы, цвета побежалости, заусенцы, радиальные риски на торцовых поверхностях и риски на наружной поверхности не допускаются;

-твердость готовых колец должна быть в пределах НВ 92-102;

-поршневое кольцо должно обладать упругостью, определяемой усилием, необходимым для сведения кольца до зазора в замке; величина этого усилия T≈ 0,05 D, кгс;

-остаточная деформация при испытании колец 30-200 мм на изгиб при напряжении 200 кгс/см² допускается не более 12%;

-допускаемые отклонения радиальной толщины кольца должны лежать а пределах от 0,05 до 0,2 мм;

-непараллельность торцовых плоскостей допускается в пределах допуска на высоту кольца;

-радиальный зазор между кольцами и стенкой

калибра допускается не более, чем на двух участках . Величина максимального зазора не должна превышать 0,0005 D;

-кольца не должны быть покороблены, коробление колец не должно превышать 0.01 D;

-величина зазора в замке должна соответствовать 0,0005D;

Чистота торцовых поверхностей поршневого кольца должна быть не ниже Ra 0,63, чистота рабочей поверхности- не ниже Ra 2,5мкм.

К гидравлическим цилиндрам, кроме основных требований к точности, герметичности, чистоте рабочей поверхности, предъявляются требования свободного перемещения поршня по цилиндру под действием собственного веса при минимальном зазоре между стенками цилиндров и поршнями.

Гидроцилиндры должны храниться в помещении при температуре от 0 до +30° С и относительной влажности воздуха не выше 70%.

После года хранения гидроцилиндра должна быть проверена годность резиновых уплотнений внутри гидроцилиндра, а также уплотнений, поставляемых в качестве запчастей.

После двух лет хранения уплотнения и резиновый грязесъемник должны быть заменены новыми.

Перед установкой на машину гидроцилиндр должен быть осмотрен по внешнему виду и испытан на стенде.

Наиболее трудоемкой деталью гидроцилиндра является корпус (гильза), качество которого определяет надежность всего цилиндра. Типовая технология обработки зеркала гильзы содержит следующие операции: черновая и чистовая расточка с припуском под раскатку 0,03-0,06 мм и раскатку [1]. Чистота поверхности после раскатки Ra 0,16. Режимы раскатки: скорость V=60-70 м/мин, подача S= 0,3-0,5 мм/об, давление на один шарик (или ролик) 60-100 кгс. Для повышения долговечности гильз гидроцилиндров традиционно рекомендуется кроме антикоррозионного хромирования при ремонте производить пористое хромирование (закалка и отпуск, дробеструйная обработка, расточка или полировка, хонингование, хромирование, дехромирование).

Основные виды повреждения гидроцилиндров: смятие, истирание, фреттинг, отслаивание, коррозия, поломка.

Существует много методов восстановления гидроцилиндров, но большинство из них не систематизированы и имеют высокий показатель затрат. Поэтому технический уровень и объемы восстанавливаемых деталей на многих предприятиях еще не достаточны, из-за чего расходуется значительное количество запасных частей.

Необходимо обеспечить рациональное соотношение стоимости и качества восстановления.

Для восстановления размера изношенного зеркала гильзы гидроцилиндра предлагается способ деформации гильзы цилиндра (усадки) путем создания градиента температур посредством воздействия на деталь источников нагрева и охлаждения [2]. Способ реализуется по схеме на рис. 5.

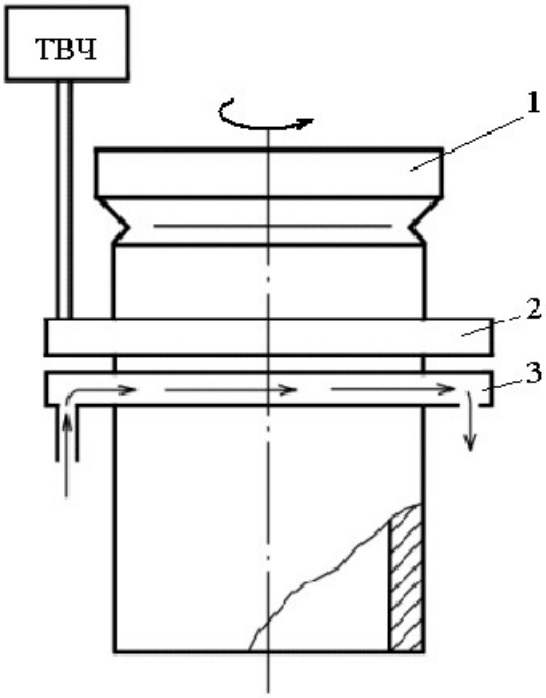

Рис. 5. Схема деформации гильзы цилиндра путем создания градиента температур: 1- гильза цилиндра; 2- источник нагрева (индуктор); 3- источник охлаждения (спрейер)

При нагреве и охлаждении деталь 1 перемещают относительно источников нагрева ТВЧ-2 и охлаждения-3 со скоростью не более 3-4 мм/с, а температуру нагрева устанавливают при этом не более 870-920 °С.

В процессе восстановления в детали создается осевой (по длине детали) температурный градиент путем ее непрерывно-последовательного нагрева токами высокой частоты от соответствующих источников нагрева (генератора) 2 и охлаждения водой спрейером 3.

Перепад температуры ΔТ° между холодными и нагретыми участками зависят в основном от мощности источника нагрева, высоты индуктора и скорости перемещения детали относительно источника нагрева.

В результате создания температурного градиента возникают резко изменяющиеся (как от точки к точке тела, так и в каждой точке во времени) тепловые (термические) напряжения. При этом в нагретых участках (на длине ΔL) – напряжения растяжения. Нагретые участки металла стремятся расшириться, но этому препятствуют более холодные участки цилиндра, поэтому нагретые участки оказываются сжатыми и, в свою очередь, действуют на холодную часть цилиндра как симметрично приложенная сила растяжения. По-

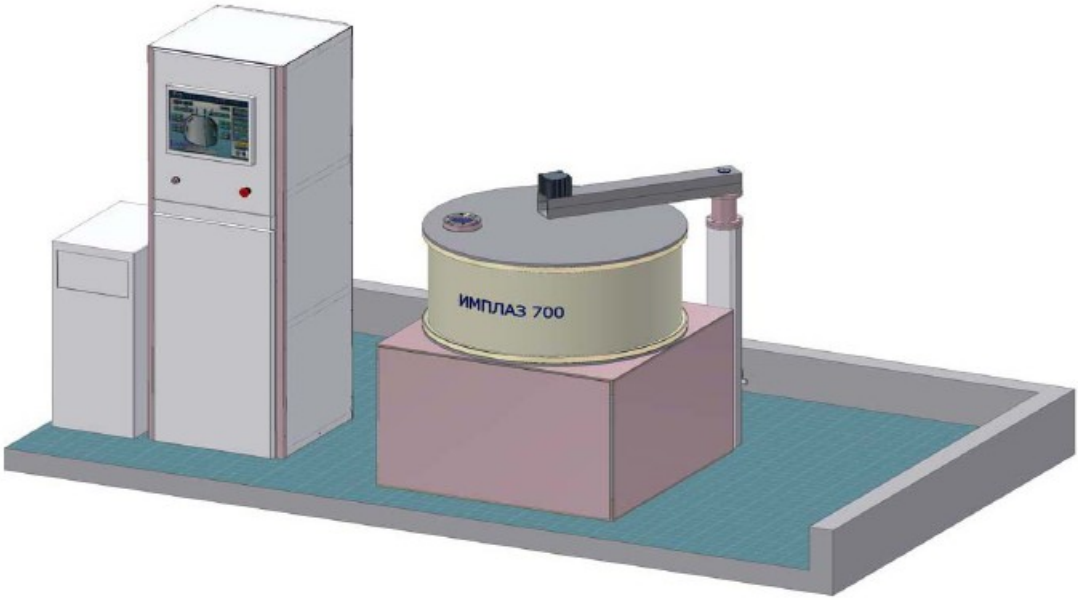

Рис. 6. Установка ионно-плазменного азотирования Имплаз-700 (1700-2) (изготовитель «Элан-Практик», г. Дзержинск)

скольку предел прочности металла с повышением температуры падает, то будет происходить деформация в сторону сжатия, т.е. вовнутрь цилиндра.

Исследования показывают, что при создании в этой детали осевого температурного градиента $\Delta T°/\Delta L$ в ней появляется пластическая деформация (уменьшение внутреннего диаметра).

Полученная величина деформации цилиндра позволяет использовать предлагаемый способ для восстановления внутренней поверхности детали цилиндра типа гильз и др.

Величина деформации существенно не зависит от способа нагрева и охлаждения цилиндра, т.е. от того, снаружи или изнутри нагревается и охлаждается деталь.

Для увеличения производительности процесса теплового формоизменения и величины деформации детали желательно осуществлять предварительный нагрев (до температуры T°- 500…600 °С) особенно для цилиндров с большой толщиной стенки (свыше 15 мм).

Максимальная величина относительной радиальной деформации детали за один цикл теплового воздействия составляет 0,45…0,95 % и не зависит от диаметра.

Однако абсолютная величина деформации полой детали из одного и того же материала с уменьшением диаметра будет меньше, поэтому применимость предлагаемого способа восстановления для детали малого диаметра зависит от того, какую величину деформации необходимо иметь, чтобы восстановить внутреннюю поверхность до требуемых характеристик. Наименьшая длина детали для восстановления лимитируется, возможностью создания в ней осевого температурного градиента и зависит от применяемых источников нагрева и охлаждения. В случае применения ТВЧ минимальная высота равна 15…25 мм.

Наибольшая длина детали, подвергаемой тепловому формоизменению, не лимитируется. У гильз, например, цилиндров ДВС высота невелика, и поэтому при предварительном нагреве ее от того же источника тепла, она не успевает сильно остыть. Если же восстанавливаемая деталь очень длинная, то для предварительного нагрева можно использовать второй источник нагрева.

Если деталь по толщине стенки нагрета равномерно, т.е. радиальный градиент мал, то величина деформации мало зависит от толщины. При больших скоростях движения детали относительно источника нагрева возникает неравномерность нагрева по толщине и поэтому, чем больше толщина стенки детали, тем меньше будет величина деформации (при одинаковых режимах теплового воздействия). Для уменьшения неравномерности нагрева детали по толщине можно использовать предварительный нагрев или двухсторонний нагрев (например наружным и внутренним индуктором), что позволяет при тех же режимах (T° нагрева, V мм/с) для толстого цилиндра получить необходимую деформацию.

После обеспечения усадки изношенного отверстия гильзы(до 0,7 мм на диаметр) производят черновую, чистовую расточку или хонингование отверстия до требуемых размеров с обеспечением необходимых характеристик. Завершают процесс восстановления гильзы цилиндра малодеформирующим упрочнением и антикоррозионным азотированием или, точнее, азотированием в плазме тлеющего разряда.

Ионное азотирование - химико-термическая обработка изделий, деталей и инструмента, в результате которой происходит диффузионное насыщение поверхностного слоя азотом при температуре 400-600 °С. Процесс осуществляется в азотсодержащей газовой среде при рабочем дав-

Таблица. Технические характеристики вакуумной установки ИМПЛАЗ 700

Параметр, характеристика	Допускаемое значение
Базовый вакуум, Па	Не более 5
Рабочее давление, Па	25-1000
Максимальная потребляемая мощность установки: - в режиме откачки, кВт; - в режиме азотирования, кВт	 2,5 25
Импульсное питание плазменного разряда: - диапазон регулировки частоты импульсов, кГц; - диапазон регулировки скважности импульсов, %	 0-40 10-100
Подача рабочих газов (азот, аргон, водород) с точностью поддержания - заданного расхода, %, не более; - заданного давления, %, не более	 1,2 10
Суммарный расход газов, л/час	Не более 60
Габаритные размеры вакуумной камеры, мм	1000×450
Размеры рабочей зоны вакуумной камеры, мм	700×200
Масса садки, не более, кг	150
Расход водопроводной воды в системе охлаждения, не более, м³/час	0,5
Общая масса установки, кг	Не более 900
Общая площадь, занимаемая вакуумной установкой, не более, м²	6

Технологические характеристики установки

Загрузка деталей: 20 шт. Температура азотирования: 510…550 °С Остывание в инертной среде- 3 часа Глубина азотированного слоя: 0,5…0,8 мм Твердость азотированного слоя: ≥ 50 HRC	Длительность цикла: - вакуумирование и продувка- 0,5 часа - ионная очистка и нагрев- 1 час - азотирование- 24 часа

Таблица 2. Комплект поставки вакуумной установки ИМПЛАЗ 700

№	Наименование	количество
	Установка ИМПЛАЗ 700 с технологическими программами ионного азотирования в комплекте:	
1	Вакуумная камера с водоохлаждаемой рубашкой и многослойными теплозащитными экранами	1
2	Форвакуумный насос НВР-90	1
3	Комплект вакуумной запорной аппаратуры с пневмоприводами фирмы SMC	1
4	Комплект пневмораспределителей с системой подготовки сжатого воздуха фирмы SMC	1
5	Система охлаждения с контролем расхода фирмы SMC	1
6	Загрузочный стол-катод	1
7	Силовой блок питания БМП-15АМ	1
8	Блок дугогашения и частотной коммутации ИВЭ-192	
9	Трехканальная система напуска газов с управляемым массовым расходом на базе регулятора расхода РРГ-10	1
10	Генератор водорода	1
11	Вакуумные датчики давления фирмы ALCATEL	2
12	Стойка управления	1
13	Автоматизированная система управления на базе программируемого контроллера CPU-188BS фирмы «Fastwel» в составе: -управляющий контроллер нижнего уровня с платами ввода-вывода; - персональный компьютер верхнего уровня; - программное обеспечение системы управления	1

Рис. 7. Схема ТРБ

Техническая характеристика

Напряжение питания, В	380
Частота, Гц	50
Установленная мощность	3,5
Привод раздвижки цилиндров: мощность, КВт Частота вращения, об/мин	 1,5 4
Линейная скорость перемещения приводной тележки, м/сек: 1 скорость 2 скорость	 0,041 0,01
Гайковерт для откручивания поршня: мощность, КВт крутящий момент, кгм	 1 400
Гайковерт для откручивания болтов крышки: мощность, КВт крутящий, кгм	 1 200
Режим работы	ручной
Габаритные размеры, мм	10800×1000×2000
Масса, кг	3100

лении в камере установки 0,4-10 мбар под воздействием тлеющего электрического разряда (10 кГц, 500-800 В) между катодом- деталями и анодом-стенками вакуумной камеры. В результате формирования активной плазмы- ионизированного газа активно образуются различные модификации диффузионных покрытий, обладающих высоким качеством и преимущественными свойствами. Процесс осуществляется на вакуумно-дуговой установке «Булат-6», «Имплаз 700», «Имплаз 1700-2», «Имплаз 32000» (г. Дзержинск) и др. (рис 6.).

Ионное азотирование по сравнению с газовым имеет следующие преимущества: сокращение в 2-4 раза общего цикла азотирования при получении слоев с эффективной толщиной до 0,3-0,4 мм, благодаря уменьшению времени нагрева и охлаждения и длительности изотермической выдержки, возможность насыщения при более низких температурах (начиная с 350-400 °С), существенно уменьшающего деформацию деталей, при этом шероховатость поверхности сохраняется а пределах 0,63-1,25 мкм. Это позволяет в большинстве случаев применять азотирование, как финишную операцию технологического процесса. Повышенные пластичность азотированного слоя и ударная вязкость деталей, широкие возможности регулирования процесса насыщения, позволяют получать азотированные слои с различным строением и фазовым составом, а следовательно, требуемые

свойства деталей. Достоинством также является простота и надежность защиты поверхностей, не подлежащих азотированию, уменьшение удельных расходов электроэнергии в 1,5-3 раза и газа- в 20-50 раз, полная экологическая безопасность.

Твердость поверхности и глубина слоя при ионном азотировании значительно выше, а износостойкость выше на 20-25%.

Новая технология восстановления гидроцилиндров эффективна в составе специализированного технологического ремонтного блока ТРБ, в котором, кроме специального технологического оборудования, предусмотрены необходимые средства метрологического обеспечения, механизации и диагностики [3].

На рис. 7 показана установка для разборки и сборки гидроцилиндров диаметром от 160 до 400 мм, изготовленная НПП Ми-Макс в г. Кемерово.

Аналогичные ТРБ целесообразно создавать на всех ремонтных предприятиях для восстановления совокупностей функционально значимых подобных сборочных единиц, механизмов, элементов рабочих органов, деталей. Научной базой для создания таких ТРБ станет концепция предварительного синтеза виртуальных информационных моделей [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коган, Б. И.* Прогрессивная технология горного машиностроения, часть 2- Прогрессивные технологические процессы,- Кемерово; Кузбассвузиздат, 2000. 335с.

2. А. с. 969495 B23P 6/02. Способ восстановления изношенной внутренней цилиндрической поверхности преимущественно стальных и чугунных деталей. Е. П. Меркулов, Л. И. Вахрушев и др.

3. *Коган, Б. И., Шиколавич, М. А., Березинский, М. А.* Новые принципы технологического обеспечения качества ремонта машин./ Вестник КузГТУ, 2006, №3, с. 72-75.

□ Авторы статьи:

Коган
Борис Исаевич,
докт. техн. наук, проф. каф.
технологии машиностроения КузГТУ,
тел. 8-906-928-8081

Егоров
Андрей Васильевич,
студент. гр. ОЭ-091 КузГТУ,
тел. 8-951-584-6104