

УДК 622.223:621.22

**Б.И. Коган**, д-р техн. наук, профессор (Кузбасский государственный технический университет),  
**Г.Д. Буялич**, д-р техн. наук, профессор (Кузбасский государственный технический университет  
и Юргинский технологический институт Национального исследовательского  
Томского политехнического университета),  
**К.Г. Буялич**, канд. техн. наук (Кузбасский государственный технический университет)  
E-mail: gdb@kuzstu.ru

## Технологическое обеспечение надежности цилиндров гидростоек механизированных крепей

*Рассмотрены мероприятия по технологическому обеспечению надежности при изготовлении многослойных цилиндров гидростоек механизированных крепей: получение поперечно-прессовых сопряжений методом термоструктурной сборки, ионное азотирование, контроль глубоких отверстий методом сканирования.*

*Look troughed measure on technological securing reliability in the time produce the man flaky cylinder of hydrostand mechanize: reclive the diametrical-press function by metal termostructure assembly, ion-plazmanitriding, measuring of deep haies by meted scanning.*

**Ключевые слова:** надежность, цилиндр, поперечно-прессовое сопряжение, термоструктурная обработка, ионное азотирование, контроль, сканирование.

**Keywords:** reliability, cylinder, cross and press conjugation, termostructural processing, ionic nitriding, scanning.

Надежность гидростоек механизированных крепей в значительной мере предопределяет надежность, безопасность и производительность добывающих комплексов. На кафедре горных машин и комплексов Куз-

ГТУ разработаны многослойные цилиндры гидростоек с задаваемыми толщинами слоев и натягами между ними для управляемого изменения их радиальных деформаций [1] (рис. 1).

Задача технологического решения изготовления такой конструкции и обеспечения ее качества становится актуальной, так как получение прессового сопряжения цилиндров на большой длине технологически сложно. В практике отсутствует опыт получения длинных прессовых сопряжений методом продольной запрессовки. В тяжелом (металлургическом) машиностроении изготавливали бандажные валки прокатных станов термоструктурным методом (поперечно-прессового сопряжения) [2].

В горном машиностроении поставленная задача для изготовления трехслойных цилиндров решается следующим образом.

Каждый цилиндр нужной длины отрезают на ленточно-пильном станке типа мод. 8Б531. Растачивают внутренние диаметры цилиндров расточными головками, несущими твердосплавные четырехгранные пластины из сплава ТТ5К10 или ВК80М с механическим креплением на сверлильно-расточных станках типа РТ221 с пневмопатронами и люнетами. Затем обтачивают наружную поверхность на этих же станках в центрах (передний – рифленый, задний – вращающийся, с пневмоприводом) резцами с механиче-

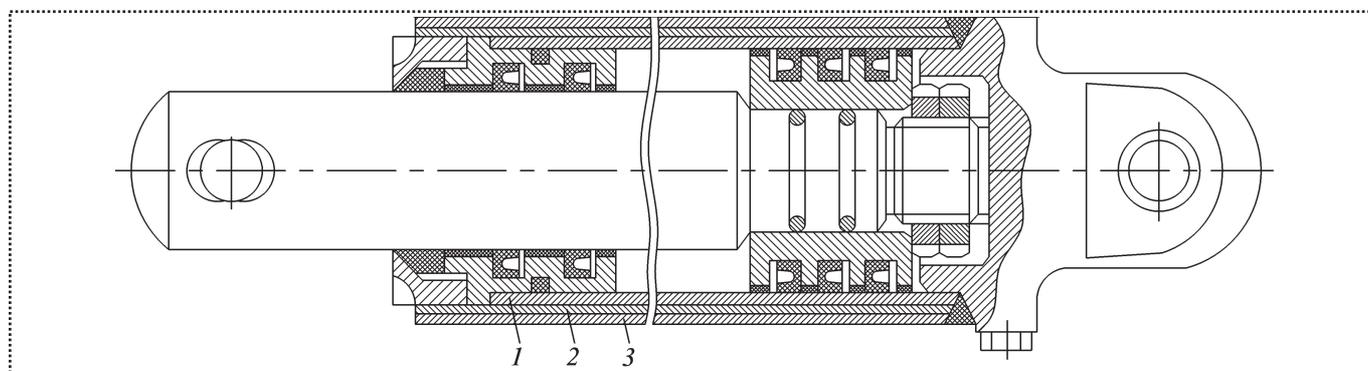
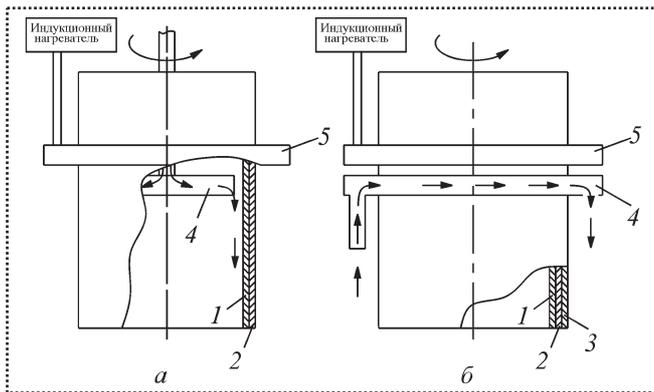


Рис. 1. Гидростойка механизированной крепи:

1 – рабочий (внутренний) цилиндр; 2 – промежуточный цилиндр; 3 – внешний цилиндр



**Рис. 2. Схема термоструктурной сборки цилиндров:**  
*a* – рабочего 1 и промежуточного 2; *б* – собранных цилиндров 1, 2 с внешним 3; 4 – спрейер; 5 – источник нагрева

ским креплением четырехгранных сменных пластин из сплавов ТТ5К10 или ВК80М. В качестве охлаждающей зоны резания рекомендуется ионизированный воздух по а.с. 2287419 (ОИВ).

Затем последовательно производят термоструктурную сборку цилиндров по схеме, указанной на рис. 2. При этом так же, как и при механической обработке, для установки детали в рабочее положение следует применять шарнирно-балансирные манипуляторы, тип которых зависит от массы деталей. Например, гидравлический манипулятор М500 имеет грузоподъемность 500 кг и радиус обслуживания 3,65...4,37 м.

При нагреве и охлаждении рабочий цилиндр 1 перемещают относительно источников нагрева 5 и охлаждения 4 со скоростью не более 4 мм/с, а температуру нагрева устанавливают при этом не более 920 °С.

По длине детали создают температурный градиент в ходе ее непрерывно-последовательного нагрева токами высокой частоты от соответствующих источников нагрева 5 и охлаждения водой с использованием спрейера 4.

Перепад температуры  $\Delta T$  между холодными и нагретыми участками зависит в основном от мощности источников нагрева и охлаждения, высоты индуктора и скорости перемещения детали относительно этих источников.

В результате создания температурного градиента возникают резко изменяющиеся (как от точки к точке тела, так и в каждой точке во времени) термические напряжения. При этом в нагретых участках возникают напряжения растяжения. Нагретые участки металла стремятся расширяться, 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. Поскольку предел прочности металла с повышением температуры пада-

ет, то будет происходить деформация в сторону сжатия, т.е. внутрь 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 деформация цилиндра позволяет использовать предлагаемый способ для создания натяга в сопряжении двух цилиндров.

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 ее предварительно нагревать до температуры 600 °С, особенно для цилиндров с большой толщиной стенки (более 15 мм).

Максимальная относительная радиальная деформация детали за один цикл теплового воздействия составляет 0,45...0,95 % и не зависит от диаметра детали.

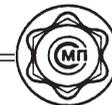
Однако абсолютная величина деформации полой детали из одного и того же материала с уменьшением диаметра будет меньше, поэтому применимость предлагаемого способа для детали малого диаметра зависит от того, какую величину деформации необходимо иметь, чтобы создать необходимый натяг.

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 или двухсторонний нагрев (например, наружным и внутренним индукторами), что позволяет при тех же режимах (температура нагрева, скорость перемещения) для толстого цилиндра получить необходимую деформацию.

Сборку осуществляют последовательно: сначала для пары внутренний (рабочий) – промежуточный цилиндры (рис. 2, *a*); затем для пары собранные цилиндры 1, 2 – внешний 3 (рис. 2, *б*).

После сборки растачивают и раскатывают зеркало внутреннего (рабочего) цилиндра. В качестве смазочно-охлаждающей жидкости используют минеральное масло. Припуск под раскатывание назначают в пределах 0,02...0,04 мм. Режимы раскатки: скорость  $v = 60...70$  м/мин, подача  $S = 0,3...0,5$  мм/об. Параметр шероховатости зеркала цилиндра после раскатки  $Ra = 0,16$  мкм.

Рекомендовано завершать процесс ионным азотированием зеркала внутреннего цилиндра (в плазме тлеющего заряда).



**Ионное азотирование** – химико-термическая обработка изделий, деталей и инструмента, в результате которой происходит диффузионное насыщение поверхностного слоя азотом при температуре 400...600 °С. Процесс осуществляют в азотсодержащей газовой среде при рабочем давлении в камере установки 0,4...10 мбар под воздействием тлеющего электрического разряда (10 кГц, 500...800 В) между катодом (деталью) и анодом (стенками вакуумной камеры). В результате формирования активной плазмы – ионизированного газа активно образуются различные модификации диффузионных покрытий, обладающих высоким качеством. Процесс осуществляют на вакуумно-дуговых установках "Булат-6", "Имплаз 700", "Имплаз 1700-2", "Имплаз 32000" (г. Дзержинск) и др.

Ионное азотирование по сравнению с газовым имеет следующие преимущества:

- сокращение в 2–4 раза общего цикла азотирования при получении слоев с эффективной толщиной до 0,4 мм благодаря уменьшению времени нагрева и охлаждения и длительности изотермической выдержки;

- возможность насыщения при более низких температурах (начиная с 350 °С), существенно уменьшающего деформацию деталей, при этом шероховатость поверхности сохраняется в пределах 0,16...0,63 мкм. Преимущества ионного азотирования позволяют в большинстве случаев применять его 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 соответственно, требуемым свойствам деталей. Достоинствами также являются 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 увеличиваются, а износостойкость повышается на 20...25 %.

Промежуточный цилиндр с наружным  $D_{нар} = 299$  мм и внутренним  $D_{вн} = 240$  мм диаметрами из стали 9ХФ обработан внутри и снаружи с параметром шероховатости  $Rz = 80$  мкм. Он собран последовательно с внутренним и наружным цилиндрами из стали 35ХГСА по посадке  $\frac{H9}{k9}$  (см. рис. 2, а и б). Трижды

выполнен нагрев до  $t = 870...920$  °С с последующим спрейерным охлаждением. Конечный натяг в сопряжении внутреннего цилиндра с промежуточным составил 0,4 мм, а в сопряжении промежуточного с наружным цилиндром 0,4 мм.

В Волгоградском государственном техническом университете и Волжском политехническом институте разработан новый способ автоматического измерения глубоких отверстий, в частности в гидростойках механизированных крепей, заключающийся в последовательном сканировании зоны, близкой диаметру отверстия [5]. При этом исключается влияние на точность измерения погрешности базирования измерительной головки. Этот способ рекомендован при метрологическом обеспечении процесса получения многослойных сопряжений цилиндров.

Для технологического обеспечения надежности гидростоек необходимо знать зависимость ресурса сопряжения от уровня его качества. Профессор МГГУ Ю.Ф. Набатников разработал и предлагает использовать метод межгрупповой взаимозаменяемости, позволяющий компоновать определенную размерную группу цилиндров поршнями из нескольких групп при малой зависимости от серийности производства, законов распределения размеров, их сочетаний [6]. В основе метода лежит программное обеспечение, позволяющее моделировать на ПК все основные виды сборки для стоек с внутренним диаметром цилиндров 180...250 мм.

### Заключение

*Путем создания градиента температур посредством воздействия на цилиндр источников нагрева и охлаждения можно получить в условиях производства не только поперечно-прессовые длинные сопряжения, но и восстанавливать размер изношенного зеркала цилиндра [3].*

*Предложенная технология может послужить основой для создания технологического, в том числе ремонтного блока для изготовления и реновации цилиндров в разных отраслях [4].*

### Библиографический список

1. Буялич К.Г. Оценка параметров герметичности гидростоек механизированных крепей: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.06. Кемерово, 2012. 18 с.
2. А.с. СССР № 677515. МКИ С21D 9/28. Способ изготовления составных прокатных валков / П.И. Полухин и др. Оpubл. 30.05.80. Бюл. № 20.
3. А.с. 969495 МКИ В23Р 6/02. Способ восстановления изношенной внутренней цилиндрической поверхности преимущественно стальных и чугунных деталей / Е.П. Меркулов и др. Уральский филиал гос. науч.-исслед. ин-та автомоб. транспорта. Оpubл. 30.10.82. Бюл. № 40.
4. Коган Б.И., Шиколович М.А., Березинский М.А. Новые принципы технологического обеспечения качества ремонта машин / Вестник КузГТУ. 2006. № 3. С. 72–75.
5. А.с. № 1580140. МКИ G 01 В 5/08. Способ измерения диаметра отверстия детали / М.Г. Кристаль, Р.Н. Кулагин, О.С. Харьков, В.Н. Петров. Волгоградский политех. ин-т. Оpubл. 23.07.90. Бюл. № 27.
6. Набатников Ю.Ф. Обеспечение заданного ресурса соединения деталей машин / Сборка в машиностроении, приборостроении. 2011. № 4. С. 3–8.

ЖУРНАЛ ВЫХОДИТ ПРИ СОДЕЙСТВИИ МЕЖДУНАРОДНОГО СОЮЗА МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ  
ЖУРНАЛ ВХОДИТ В ПЕРЕЧЕНЬ УТВЕРЖДЕННЫХ ВАК РФ ИЗДАНИЙ ДЛЯ ПУБЛИКАЦИИ ТРУДОВ СОИСКАТЕЛЕЙ УЧЕНЫХ СТЕПЕНЕЙ

10 <sup>2012</sup>  
(147)

## СОДЕРЖАНИЕ

### Ресурс машин и конструкций

Шишкарёв М.П., Угленко А.Ю. Модернизация адаптивной фрикционной муфты второго поколения . . . . . 3

### Технологичность конструкции

Бойкачёв В.Н., Поспелов В.Н., Муравьёв А.А. Экспериментальный источник питания анода стационарного плазменного ракетного двигателя . . . . . 7

### Современные технологии сборки

Герасин А.А., Исмагилов Ф.Р., Хайруллин И.Х., Вавилов В.Е. Анализ осевой составляющей силы отталкивания в многокольцевых магнитных подшипниках с осевым направлением намагниченности . . . . . 14

### Обеспечение качества. Испытания. Контроль

Карабань В.Г., Кристаль М.Г., Коротков А.В. Выбор показателей качества средств измерений дискретных элементов при сборке механизмов свободного хода бесступенчатых передач . . . . . 19

Белюсова Е.В., Богданов В.И., Яцелтов А.В. Создание и опыт доводки опор с газовой смазкой высокоскоростного турбинного привода . . . . . 21

### В помощь конструктору, технологу

Шаломов В.И. Влияние удлинения бесконтактных опор на выходные характеристики высокоскоростных шпиндельных узлов . . . . . 24

Коган Б.И., Буялич Г.Д., Буялич К.Г. Технологическое обеспечение надежности цилиндров гидростоек механизированных крепей . . . . . 29

### Нормативная документация

Медведев А.М., Мылов Г.В. Современные требования к электронным сборкам . . . . . 32

### Соединение деталей машин

Житникова И.В. Обоснование момента сопротивления в резьбе при ударной затяжке резьбовых соединений . . . . . 41

### Информация

Иванов А.Н. Международная выставка оборудования, технологий и продукции металлургической промышленности "Металлургия – литмаш – 2012" . . . . . 44

**Председатель редакционного совета**  
Ф.М. МИТЕНКОВ, академик РАН

**Редакционный совет**  
**МОСКВА**  
А.С. ВАСИЛЬЕВ  
(главный редактор)  
А.А. ГУСЕВ  
М.В. ВАРТАНОВ  
А.М. ДАЛЬСКИЙ  
И.Н. ЗИНИНА  
Ю.Л. ИВАНОВ  
Ю.Г. КОЗЫРЕВ  
А.И. КУМЕНКО  
А.В. МЕДАРЬ  
Е.А. МИКРИН  
В.В. ПОРОШИН  
Б.В. ШАНДРОВ  
А.А. ШАТИЛОВ  
А.Г. ХОЛОДКОВА  
Г.А. ЯРКОВ

### Региональные редсоветы

**БЕЛГОРОД**  
Н.А. ПЕЛИПЕНКО  
**БРЯНСК**  
О.А. ГОРЛЕНКО  
**ВЛАДИВОСТОК**  
Ю.Н. КУЛЬЧИН  
А.А. СУПОНЯ  
В.М. КОРНИЕНКО  
**ВЛАДИГРАД**  
В.Г. КАРАБАТЬ  
М.Г. КРИСТАЛЬ  
В.И. ЛЫСАК  
В.М. ТРУХАНОВ  
**ИЖЕВСК**  
И.В. АБРАМОВ  
Б.А. ЯКИМОВИЧ  
В.Г. ОСЕТРОВ  
**КАЗАНЬ**  
Р.И. АДГАМОВ  
**КОВРОВ**  
Ю.З. ЖИТНИКОВ  
**КОЛОМНА**  
Ю.Д. АМИРОВ  
**КОМСОМОЛЬСК-НА-АМУРЕ**  
Б.Н. МАРЬИН  
В.И. ШПОРТ  
А.М. ШПИЛЕВ  
**НАБЕРЕЖНЫЕ ЧЕЛНЫ**  
С.В. ДМИТРИЕВ  
Р.М. ХИСАМУТДИНОВ  
**НИЖНИЙ НОВГОРОД**  
С.В. ГОЛУБЕВ  
**ОМСК**  
В.Н. КОСТЮКОВ  
**ОРЕА**  
Ю.С. СТЕПАНОВ  
Г.А. ХАРЛАМОВ  
**ОРЕНБУРГ**  
А.Н. ПОЛЯКОВ  
А.И. СЕРДЮК  
А.П. ФОТ  
**РЫБНИСК**  
В.Ф. БЕЗЪЯЗЫЧНЫЙ  
В.В. НЕПОМИЛУЕВ  
А.Н. СЕМЕНОВ  
**САМАРА**  
М.А. ЕВДОКИМОВ  
Ю.А. ВАШУКОВ  
Г.А. КУЛАКОВ  
В.А. НИКОЛАЕВ  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГ**  
В.Ф. КУЗЬМИН  
Е.В. ШАЛОБАЕВ  
**ТОЛЬЯТТИ**  
А.И. РЫЖКОВ  
**ТУЛА**  
В.В. ПРЕЙС  
**КАБАРОВСК**  
В.А. ЛАШКО

### Украина

**КИЕВ**  
А.С. ЗЕНКИН  
В.А. МАТВИЕНКО  
**ДОНЕЦК**  
А.Н. МИХАЙЛОВ  
**СЕВАСТОПОЛЬ**  
Е.Л. ПЕРВУХИНА

### Беларусь

**МИНСК**  
В.Л. БАСИНЮК  
М.Л. ХЕЙФЕЦ  
**ГОМЕЛЬ**  
В.Е. СТАРЖИНСКИЙ

**Ответственные за подготовку и выпуск номера:**

Ю.А. ЧИЧОВ, И.М. ГЛИКМАН

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-1747 от 25 февраля 2000 г

Журнал распространяется по подписке, которую можно оформить в любом почтовом отделении (индексы по каталогу "Роспечать" – 79748, Объединенному каталогу "Пресса России" – 84967, каталогу "Почта России" – 60257) или непосредственно в издательстве  
Тел.: (499) 268-38-42; тел./факс: 268-85-26. Факс: (499) 269-48-97.  
E-mail: sborka@mashin.ru

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

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.