

УДК 621.3

В.В. Косенко, А.С. Кобзев

ГП "Харківський науково-дослідницький інститут технології машиностроєння", Харків

## ПРОГРЕССИВНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СОСТАВНЫХ КОРПУСОВ ГИДРОЦИЛИНДРОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

В статье представлены конструкции паяных корпусов гидроцилиндров и приведены основные этапы технологий пайки корпусов гидроцилиндров в соляных ваннах – наиболее простого, дешевого и эффективного процесса в условиях мелко серийного производства и в вакуумных электротермических печах – процесса эффективного в условиях крупно серийного производства. По результатам выполненной работы приняты температурно-временные режимы пайки корпусов в соляных ваннах и в вакуумных электротермических печах.

**Ключевые слова:** корпус гидроцилиндра, сталь 40X, паяное соединение, пайка в соляных ваннах, пайка в вакуумных электротермических печах, температурно-временные режимы пайки.

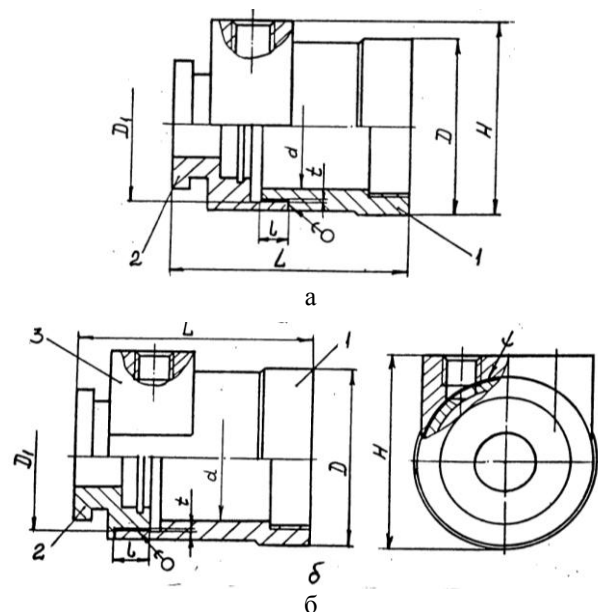
### Введение

На основании анализа различных литературных и патентно-информационных материалов для механизации закрепления заготовок в приспособлениях была разработана конструкторская документация и серийно освоено изготовление пяти типоразмеров гидроцилиндров высокого давления с диаметрами рабочей поверхности 32, 40, 50, 63 и 80 мм соответственно [1].

Наиболее ответственным, трудоёмким и материалоёмким элементом гидроцилиндра является корпус. В связи с возросшими объёмами производства на предприятии – изготовителе (с 9000 шт. до 27000 шт. в год), необходимостью снижения трудоёмкости изготовления, экономии металла и повышения коэффициента использования материала (КИМ) была разработана новая конструкция и освоено серийное производство гидроцилиндров высокого давления с составными корпусами, элементы которых неразъемно и герметично соединяются друг с другом.

При изготовлении корпусов гидроцилиндров из составных частей были изучены различные возможные способы осуществления неразъемного соединения: механическое крепление, склеивание, сварка и пайка элементов корпуса.

Как выяснили в процессе работы, механическое крепление требует увеличение габаритных размеров, повышенной металлоёмкости и трудоёмкости, склеивание не обеспечивает необходимой технологической прочности, а сварка не гарантирует выполнение требований по герметичности. В этой связи основным видом создания неразъемного соединения, которое отвечает основным требованиям, предъявляемым к корпусам гидроцилиндров, выбрали паяное соединение. Конструкции разработанных составных корпусов гидроцилиндра представлена на рис. 1.



1 – гильза; 2 – крышка; 3 – бонка;  
d – рабочая поверхность цилиндра; D – диаметр цилиндра; H – ширина цилиндра; L – длина цилиндра;  
t – толщина паяного шва; l – длина капиллярного участка шва; D<sub>1</sub> – диаметр расположения паяного шва

Рис. 1. Конструкции разработанных составных корпусов гидроцилиндра:

а – паяльный корпус гидроцилиндра из 2-х деталей;  
б – паяльный корпус гидроцилиндра из 3-х деталей

Процесс пайки включает комплекс последовательно выполняемых операций:  
подготовка поверхностей деталей,  
сборка,  
пайка,  
последующая обработка.

На свойства паяного соединения определенное воздействие оказывает каждая из перечисленных операций, но самое существенное влияние оказывает операция пайки; а именно температурно-временной режим и защитная среда [2].

## Результаты исследований

Особенность стали 40X состоит в том, что в ней присутствуют легирующие компоненты: хром, марганец, кремний и др.

В процессе нагрева легирующие компоненты и компоненты окружающей среды на поверхности стали способны образовывать химически стойкие поверхностные плёнки. Такие пленки препятствуют припою образовывать надежные металлические связи с основным компонентом стали 40X – железом [3].

Для безокислительного нагрева стали 40X используют различные среды [3]:

- водород,
- аргон,
- эндогаз,
- вакуум,
- соляные ванны.

Водород и аргон дорогие и дефицитные газы, поэтому сравнительно редко используются в качестве защитной среды для высокотемпературной пайки медью стали 40X.

Кроме того, водород является взрывоопасным газом и его использование в качестве защитной среды для высокотемпературной пайки требует дополнительных затрат на безопасное выполнение процесса.

Как показала производственная практика наиболее выгодным газом для высокотемпературной пайки стали 40X медью является азотноводородная смесь, которая намного дешевле водорода и в зависимости от концентрации азота и водорода практически безопасна в работе.

По отношению к поверхностным пленкам азотноводородная смесь является активным газом. К активным газам, используемым в качестве защитной среды для высокотемпературной пайки стали 40X медью относится также эндогаз – продукт термического разложения светильного газа при его неполном сгорании.

Эндогаз является сравнительно недорогим, недефицитным и безопасным в работе защитным газом. Однако на его приготовление требуются значительные капитальные вложения: сложное оборудование и большие производственные площади. Для пайки стали 40X могут быть использованы вакуумные электротермические печи.

К достоинствам вакуумной пайки можно отнести следующее:

- процесс нагрева и охлаждения не сопровождается образованием на деталях поверхностных пленок,

- простота управления и безопасность в работе,
- обеспечение высоких показателей механических свойств паяных соединений.

- К недостаткам этого процесса следует отнести: потребность в высокой квалификации рабочих-паяльщиков и ИТР,

- высокая стоимость оборудования,
- необходимость содержания дополнительных коммуникаций электроснабжения и водяного снабжения.

Кроме того, процесс подготовки поверхностей деталей под пайку в вакууме требует дополнительных вспомогательных материалов на обезжиривание и обезвоживание: бензин и спирт соответственно, а нагрев и плавление припоя в вакууме не должен сопровождаться испарением и выгоранием его компонентов.

Среди известных способов нагрева стали 40X и пайки её медным припоем наиболее простым и дешевым является нагрев в соляных ваннах [4]. Широкое применение соляных ванн для пайки стали медным припоем обусловлено теми преимуществами, которыми обладают расплавленные соли по сравнению с другими вышеперечисленными средствами и устройствами. К числу этих преимуществ относятся: высокая скорость и равномерность нагрева, возможность осуществления локального нагрева, сравнительно высокая точность контроля и регулирования температуры, защита поверхности деталей от непосредственного воздействия газов окружающей среды. Так, например, при создании одной и той же температуры пайки в электротермических или пламенных печах и в соляных ваннах скорость нагрева можно выразить соотношением 1:4:8. Таким образом, по скорости нагрева соляные ванны в 4 – 8 раз превосходят электротермический и пламенный нагрев. Сравнительно высокая скорость нагрева в соляных ваннах позволяет достичь высокой производительности и избежать чрезмерного роста зерна в стали 40X. Кроме того, возможность осуществления локального нагрева торца детали на заданной ее длине позволила процесс пайки в соляных ваннах сопоставлять с процессом индукционной пайки и пайки магнитно-импульсным ударом [5]. При этом, нагрев в соляных ваннах, как правило, осуществляется в вертикальном положении. Поэтому после пайки детали содержат минимальный уровень термических напряжений. Температуру расплавленной соли, как жидкой среды, легко поддерживать в узком интервале, если соляные ванны оснащены даже сравнительно простой регулирующей и контрольно-измерительной аппаратурой. Кроме этого, соляные ванны в ряде случаев являются практически незаменимой средой для нагрева под пайку припоями, содержащими компоненты с высокой упругостью пара. Расплавленные соли защищают детали от непосредственного воздействия газов окружающей среды и тем самым надежно предо-

храняют их поверхность от окисления. При введении в состав ванн специальных раскислителей удастся в процессе пайки избежать операции флюсования.

Для пайки стали 40Х медью могут быть использованы расплавы пищевой (NaCl) и хлорбариевых (BaCl<sub>2</sub>) солей. Такие соли недороги и недефицитны. Основными трудностями осуществления пайки в соляных ваннах является выбор конструктивных элементов и места расположения припоя. Наружное расположение припоя, как правило, не обеспечивает качественной пайки: имеют место неконтролируемые наплывы, непропаи, замкнутые полости и другие металлургические дефекты пайки. Кроме того, не представляется возможным осуществлять пайку "глухих" соединений из-за того, что соль, заполнив сборочный зазор между деталями, является непреодолимым препятствием для заполнения его припоем [6].

Таким образом, анализ литературных и патентно-лицензионных материалов показал, что с точки зрения снижения трудоемкости изготовления и повышения коэффициента использования материала при изготовлении гидроцилиндров высокого давления наиболее перспективными видами создания герметичного неразъемного соединения элементов корпуса являются:

- пайка в соляных ваннах наиболее простой и дешевой процесс. Применение соляных ванн для пайки эффективно в условиях единичного и мелкосерийного производства;

- в условиях крупносерийного производства эффективно применение групповой пайки в вакуумных электротермических печах;

- в условиях массового производства наиболее эффективным способом пайки являются проходные камерные печи, в которых в качестве защитного газа используется эндогаз.

Учитывая вышеизложенное для производства гидроцилиндров высокого давления были разработаны технологии пайки корпусов в соляных ваннах и в вакуумных электротермических печах.

Перед сборкой для пайки детали корпусов обезжиривали в растворе типа ТМС-31, а припой в 10%-ном растворе азотной кислоты с последующей промывкой в холодной проточной воде и сушкой горячим воздухом. Сборку деталей производили усилием от руки.

При пайке корпусов гидроцилиндров в соляных ваннах для сопутствующего прогрева и пайки использовали электротермические соляные ванны типа СВС-2,5/13-И1.

Ванна сопутствующего подогрева содержала поваренную соль, NaCl – 100%.

Ванна для пайки содержала хлорбариевую соль, BaCl<sub>2</sub> – 100%.

Замер и контроль температуры осуществляли хромель-алюмелевыми термопарами диаметром 0,5 мм с помощью самопишущих приборов типа КСП-4.

По результатам проведенной работы для пайки корпусов в соляных ваннах приняты следующие температурно-временные режимы:

- температура сопутствующего нагрева, °С – 860;

- время, мин – 5;

- температура пайки, °С - 1135±10;

- время, мин -10;

- охлаждение на воздухе.

Удаление остатков солей после пайки осуществляли по следующей технологии:

- температура выварки в воде, °С – 100;

- время, мин – 45,0÷60,0;

- гидropескоструйная обработка.

После гидropескоструйной обработки паяные корпуса подвергали 100%-му технологическому контролю: внешним осмотром контролировали наличие выхода припоя по наружной галтели соединения. Нарушение сплошности наружной галтели расценивали как технологический брак по пайке (непропай).

Для пайки корпусов гидроцилиндров в вакуумных печах использовали электротермические вакуумные печи типа СЭВ-5,5/11,5-И2. При пайке в низком вакууме (1х10<sup>-2</sup>-1х10<sup>-3</sup>Па) в соединение и на припой наносили водный раствор флюса марки ПВ 200 в соотношении 1:1. Корпуса после нанесения флюса просушивали в сушильном шкафу при температуре 60,0-80,0 °С в течение 10,0-15,0 мин.

Перед загрузкой в печь на торцевую поверхность корпусов наносили защитную пасту для предотвращения образования "паразитных" спаев корпуса и загрузочного устройства. Корпуса на столе загрузочного устройства накрывали экраном из стали марки 12Х18Н10Т.

Замер и контроль температуры осуществляли вольфрамо-рениевой термопарой диаметром 0,5 мм с помощью самопишущих приборов типа КСП-4. Количество корпусов в одной садке составляло 50 шт.

По результатам проведенной работы для пайки корпусов в вакуумной печи приняты следующие температурно-временные режимы:

- температура нагрева, °С - 1120±10;

- время, мин – 5,0;

- вакуум, Па - 1х10<sup>-2</sup>-1х10<sup>-3</sup>;

- охлаждение садки в вакууме до температуры 200 °С;

- охлаждение на воздухе до температуры окружающей среды.

Результаты сравнительного анализа расхода металла цельного и паяных корпусов гидроцилиндров приведены в табл. 1.

Таблиця 1

Результаты сравнительного анализа расхода металла цельного и паяных корпусов гидроцилиндров

Типоразмер гидроцилиндра (диаметр поршня, мм)	Вид корпуса	Характеристика корпуса			КИМ
		Габаритные размеры LxHxD, мм	Масса, кг		
			заготовки	детали	
32	Цельный	65x55x45	3,45	0,56	0,16
	Паяный из 2-х деталей	65x52x45	1,08	0,48	0,44
	Паяный из 3-х деталей	65x53x45	0,81	0,52	0,64
40	Цельный	67x61x52	3,50	0,66	0,19
	Паяный из 2-х деталей	65x62x54	1,45	0,59	0,41
	Паяный из 3-х деталей	62x65x54	1,00	0,66	0,66
50	Цельный	75x62x62	3,99	0,92	0,23
	Паяный из 2-х деталей	65x72x63	1,89	0,69	0,37
	Паяный из 3-х деталей	65x76x63	1,2	0,78	0,65
63	Цельный	80x62x75	6,42	1,14	0,18
	Паяный из 2-х деталей	65x85x76	2,51	1,18	0,47
	Паяный из 3-х деталей	65x89x76	1,58	1,04	0,66
80	Цельный	83x96x96	7,99	2,13	0,27
	Паяный из 2-х деталей	69x100x95	3,92	1,30	0,33
	Паяный из 3-х деталей	70x106x95	2,19	1,47	0,67

### Выводы

Внедрение технологии пайки составных корпусов гидроцилиндров позволило:

– снизить трудоемкость изготовления корпусов гидроцилиндров на 20 – 25% по сравнению с цельными корпусами;

– экономить при изготовлении одного корпуса в зависимости от типоразмера от 2,0 до 5,8 кг стали 40X ГОСТ 4543-71;

– повысить коэффициент использования материала в зависимости от типоразмера в 1,2 – 4,0 раза.

### Список литературы

1. Средства механизации универсальные с пазами 12 мм. Технические условия ТУЗ-17М-87.
2. Есенберлин Р.Е. Пайка и термическая обработка деталей в газовой среде и в вакууме / Р.Е. Есенберлин. – Л.: Машиностроение, 1972.

3. Григорьев Г.А. Метод определения качества поверхности изделий под пайку и паяемость материалов. В кн. Технология и оборудование высокотемпературной пайки / Г.А. Григорьев, Ю.И. Березников, С.Н. Хоцманов. – М.: Машиностроение. – С. 53-59. Смольников Е.А. Металловедение и термическая обработка металлов / Е.А. Смольников. – М.: Машиностроение, 1967.

4. Белый И.В., Пишиков П.М., Карпенко И.В. Импульсная высокочастотная обработка металлов. Тезисы докл. 21 сессии научного совета по проблемам "Новые процессы получения и обработки металлических материалов" / И.В. Белый, П.М. Пишиков, И.В. Карпенко. – К., 1985. – С. 31-32.

5. Справочник по пайке / под ред. С.Н. Лоуманова, И.Е. Петрунина, В.П. Фролова. – М.: Машиностроение, 1975. – 338 с.

Поступила в редколлегию 14.02.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Х.В. Раковский, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

### ПРОГРЕСИВНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ СКЛАДЕНИХ КОРПУСІВ ГІДРОЦИЛІНДРІВ ВИСОКОГО ТИСКУ

В.В. Косенко, А.С. Кобзев

У статті представлені конструкції паяних корпусів гідроциліндрів і приведені основні етапи технології паяння корпусів гідроциліндрів в соляних ваннах - найбільш простого, дешевого і ефективного процесу в умовах дрібно серійного виробництва і у вакуумних електротермічних печах - процесу ефективного в умовах велике серійного виробництва. За наслідками виконаної роботи прийняті температурно-часові режими паяння корпусів в соляних ваннах і у вакуумних електротермічних печах.

**Ключові слова:** корпус гідроциліндра, сталь 40X, паяне з'єднання, паяння в соляних ваннах, паяння у вакуумних електротермічних печах, температурно-часові режими паяння.

### PROGRESSIVE TECHNOLOGY OF COMPONENT CORPS MAKING OF HIGH-PRESSURE HYDROCYLINDERS

V.V. Kosenko, A.S. Kobzev

In the article the constructions of the soldered corps of hydrocylinders are presented and the basic stages of technologies of soldering of corps of hydrocylinders are resulted in hydrochloric baths - the most simple, cheap and effective process in the conditions of finely serial production and in vacuum electro-thermal stoves - process effective in the conditions of large mass production. On results the executed work the temperature-temporal modes of soldering of corps are accepted in hydrochloric baths and in vacuum electro-thermal stoves.

**Keywords:** a corps of hydraulic actuator, steel of 40X, soldered connection, soldering, is in chlorhydric baths, soldering in vacuum electro-thermal stoves, temperature-temporal modes of soldering.