

МАЛОГАБАРИТНЫЙ ПРЕСС С МНОГОЗВЕННЫМ СИЛОПРИВОДОМ ИЗ МАТЕРИАЛА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ

Глушченков В.А., Алехина В.К., Бикбаев Р.М., Егоров Ю.А.

Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королева
г. Самара, Российская Федерация

Рассмотрена конструкция, свойства силоприводов многократного применения для их использования в составе деформирующего оборудования, приборов, устройств. Наибольшее внимание уделено созданию малогабаритного пресса, предназначенного для выполнения операций вырубки-пробивки в тонколистовой заготовке.

Ключевые слова: память формы, нитинол, многозвенный силопривод, деформирующие оборудование, пресс.

SMALL-SIZE PRESS WITH A MULTI-LINK ACTUATOR FROM A MATERIAL WITH SHAPE MEMORY

Glushchenkov V.A., Alekhina V.K., Bikbaev R.M., Egorov Ju.A.

Samara National Research University named by academician S.P. Korolyev
Samara, Russian Federation

The paper considers the design and properties of multiple-use actuators for use in the deforming equipment, devices and appliances. The greatest attention is paid to creation of a small-size press designed to perform operations of cutting-punching in thin-sheet workpieces.

Keywords: shape memory, nitinol, multi-link actuator, deforming equipment, press.

E-mail: vgl@ssau.ru

Введение и постановка вопроса

Материалы с памятью формы (в частности нитинол) нашли применение в медицине и технике в качестве имплантатов, различного рода регуляторов, исполнительных механизмов, но, как правило, одноразового срабатывания [1–4].

В работе [5] сообщалось о попытке создания пресса со стержневым силоприводом из материала с памятью формы (нитинола). Нагрев такого силопривода осуществлялся спиральным нагревателем, в основном, за счёт лучистого теплообмена при нагреве и конвективного теплообмена при охлаждении. Желание увеличить развиваемое прессом усилие осуществлялось за счет большего диаметра стержня. Однако,

увеличение поперечного сечения стержневого силопривода привело к ослаблению эффекта памяти из-за неравномерности нагрева стержня, к сложности наведения самой памяти, увеличению габаритных размеров пресса, уменьшению его производительности.

Многозвенный силопривод

Для устранения указанных недостатков предложена новая конструкция многозвенного силопривода [6–7], состоящего из нескольких термически тонких силовых элементов (проволок), соединенных параллельно (рис. 1). Силопривод представляет собой корпус (2), в котором размещены силовые элементы (4), один конец которых закреплён в корпусе, а другой в пластине (3). При нагреве силовых элементов происходит их сокращение, обеспечивающее требуемое перемещение пластины.

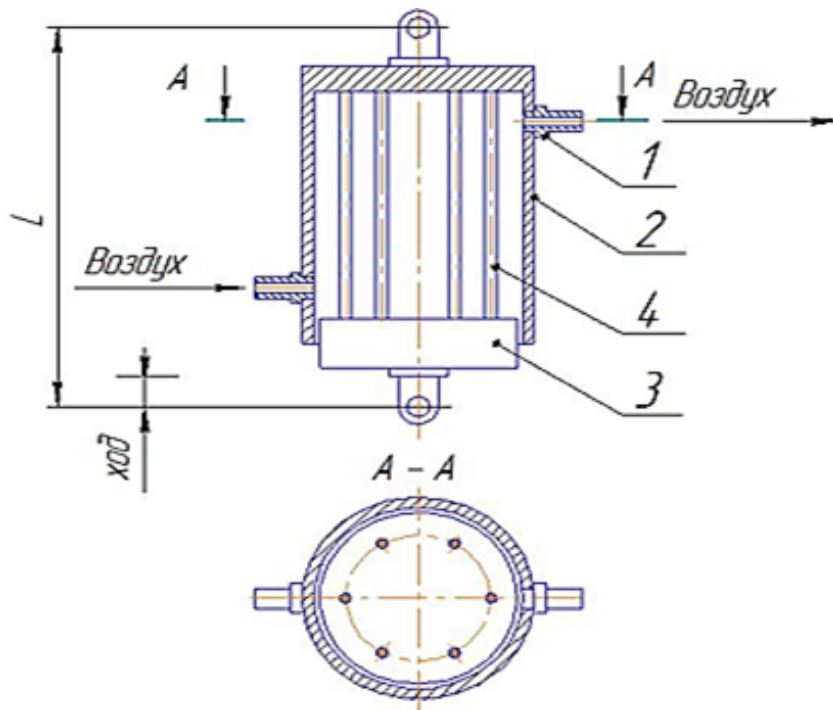


Рис. 1. Схема многозвенного силопривода с окружным расположением силовых элементов:
1 – штуцер, 2 – корпус, 3 – пластина, 4 – силовые элементы

Эксперимент показал, что общее усилие, развиваемое многозвенным силоприводом, равно сумме усилий, развиваемых каждым силовым элементом. Но создать «память» в каждом таком элементе во много раз легче, чем в стержневом – требуется значительно менее мощное оборудование.

Нагрев силовых элементов в таком силоприводе осуществляется пропусканием через них тока, что обеспечивает более быстрый, эффективный и экономный нагрев. Силовые элементы заключены в корпус, через штуцеры которого продувается охлаждающий их воздух.

Одновременно была решена проблема надежного закрепления проволок (силовых элементов) с корпусом и пластиной (рис. 2).

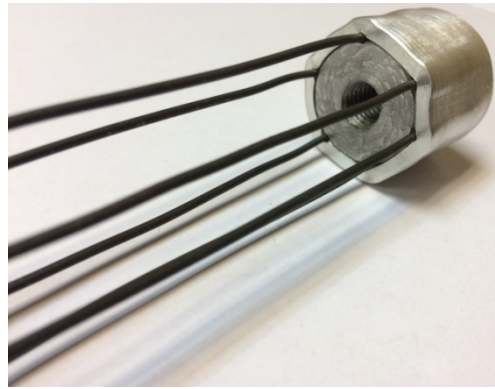


Рис. 2. Иллюстрация способа заделки силовых элементов в корпусе или пластине многозвенного силопривода

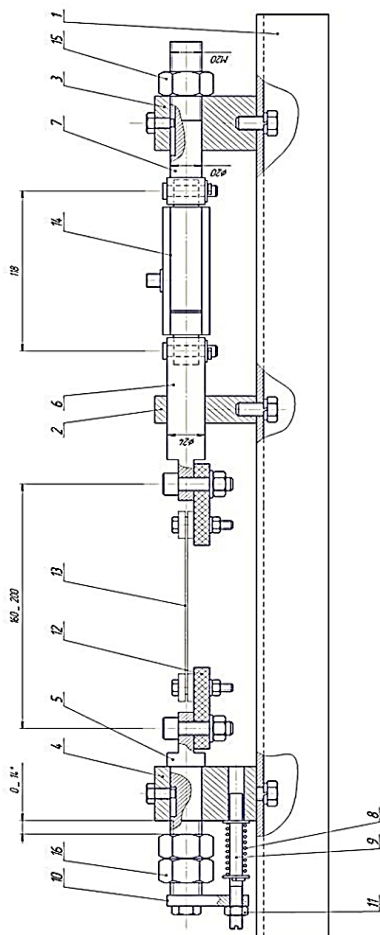


Рис. 3. Схема стенда для испытания проволочных силовых элементов:
 1 – основание; 2,3,4 – опоры;
 5 – держатель; 6 – переходник;
 7 – шток; 8 – пружина; 9 – пальцы; 10 – лапка; 11,15 – гайка;
 12 – переходники; 13 – силовой элемент; 14 – датчик усилия

Для их закрепления использованы втулки, равномерно обжимаемые импульсным магнитным полем. Такая конструкция и технология заделки позволила создать конструкцию, выдерживающую усилие на растяжение 7800 Н при требуемом 1500 Н.

Таким образом, создана надежная конструкция универсального многозвенного силопривода с разным развиваемым усилием и который может быть использован в разрабатываемом оборудовании, приборах, устройствах. Усилия, развиваемые таким силоприводом, зависят от количества размещённых в силоприводе силовых элементов.

Параметры многозвенных силоприводов

Для создания малогабаритного пресса с многозвенным силоприводом необходимо разработать техническое задание на его проектирование, которое основывается на знании некоторых параметров силопривода. Тестирование силопривода или единичного силового элемента осуществлялось на созданном стенде, чертеж общего вида, которого приведен на рис. 3.

На основании (1) жестко и соосно относительно друг друга закреплены три опоры (2, 3, 4) в направляющих отверстиях, которых с возможностью легкого осевого перемещения установлены держатель (5), держатель-переходник (6) и шток натяжной (7). Держатель (5) поджат к опоре (4) с помощью пружины (8), усилие сжатия которой регулируется ввинчиванием пальца (9) в лапку (10), жестко закрепленную на держателе и фиксируется контргайкой (11). Сила сжатия пружины устанавливается в соответствии с программой испытаний и составляет 12–20 % от ожидаемой силы при прямом проявлении «памяти формы» испытуемого образца.

В лапках держателей 5 и 6 на специальных электроизоляционных переходниках 12 крепится испытуемый силовой элемент 13, а между переходником 6 и штоком 7 устанавливается электронный датчик усилия 14, показания которого регистрируются с помощью осциллографа. Предварительный натяг силового элемента равный усилию сжатия пружины 8 осуществляется гайкой 15.

Стенд позволяет фиксировать температуру нагрева, развиваемое усилие при переменном перемещении. На рис. 4 приведена полученная на таком стенде типовая кривая изменения усилия во времени.

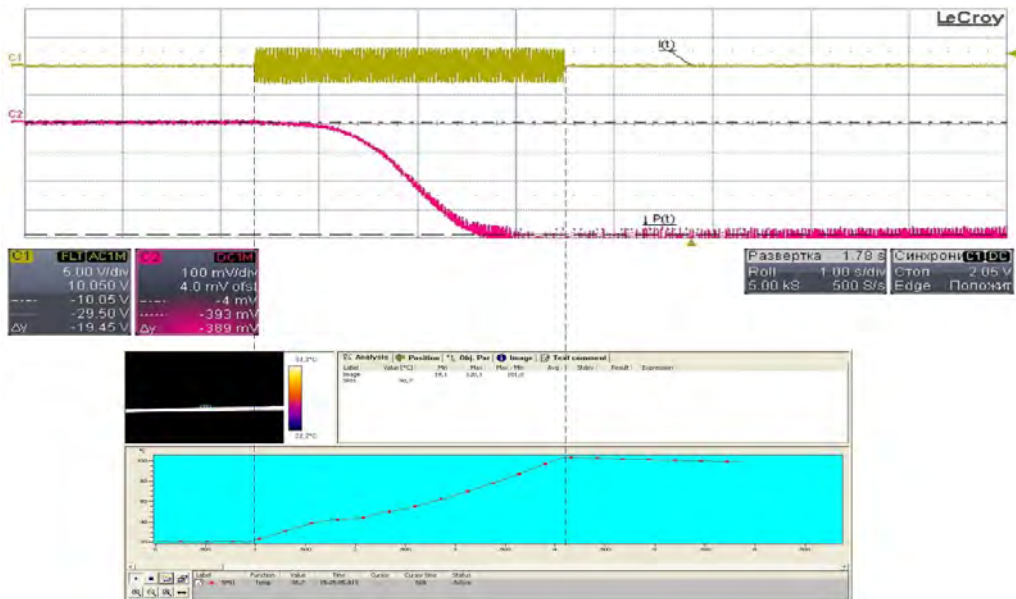


Рис. 4. Типовая кривая изменения усилия во времени

Обработка подобных кривых позволила, например, получить две зависимости для силового элемента, приведенные на рис. 4, 5.

Деформационно-силовая характеристика (рис. 5) дает возможность определить развиваемое усилие при заданном перемещении, а зависимость скорости развития напряжений «памяти» от скорости нагрева (рис. 6) позволяет выбирать величину тока, пропускаемого через термически тонкие элементы, определяющую производительность срабатывания силового элемента, и, в конечном счёте, производительность работы создаваемого пресса.

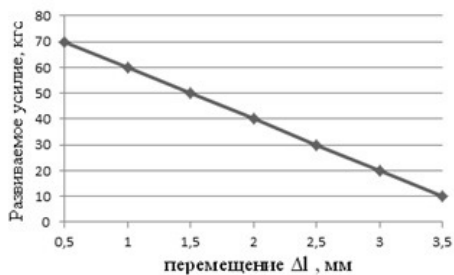


Рис. 5. Зависимости развиваемого усилия от величины перемещения

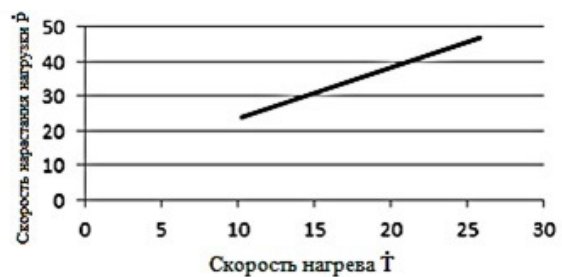


Рис. 6. Зависимость скорости нарастания нагрузки от скорости нагрева

Кроме того, экспериментально определена величина обратного усилия, возвращающего силовой элемент к первоначальному размеру при охлаждении, которое

должно составлять 15–20 % от развиваемого силовым элементом усилия при нагреве, это обеспечит сотни тысяч рабочих циклов, создаваемых прессом.

Типовая деталь

На рис. 7 в качестве примера выбрана типовая деталь «шайба», получаемая вырубкой-пробивкой из тонколистовой 0,25 мм заготовки из алюминиевого сплава АД0.

Для получения подобных деталей проектируется малогабаритный пресс с силоприводом из материала с памятью формы. Техническое задание на проектирование пресса включает следующие расчётные значения его эксплуатационных параметров (табл. 1) для получения типовой детали.

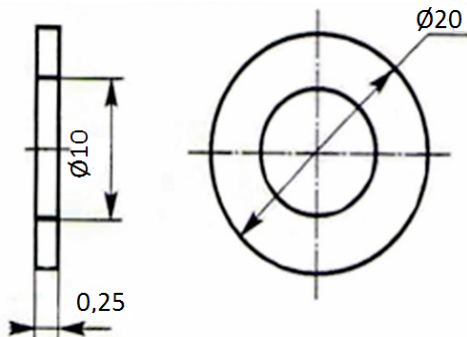


Рис. 7. Типовая деталь, для получения которой создается пресс с силоприводом из материала с памятью формы

Табл. 1

Развиваемое усилие, Н	1500
Перемещение пуансона, мм	1,0
Количество силовых элементов, п	5
Длина рабочей зоны силового элемента, мм	100
Возвратное усилие, Н	300
Длительность производственного цикла (нагрев, рабочий ход), сек	3
Время возврат в исходное положение (время охлаждения), сек	2
Необходимая сила тока, А	30

Пресс с силоприводом на основе материала с «памятью формы»
Общий вид спроектированного пресса показан на рис. 8.

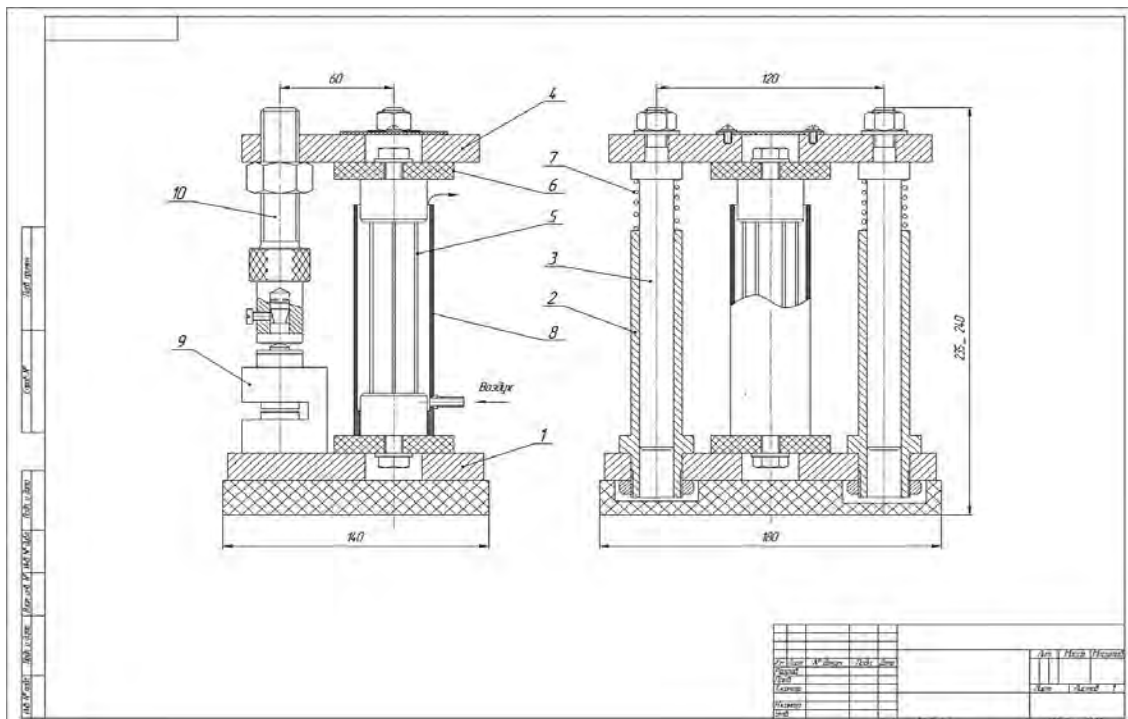


Рис. 8. Чертеж пресса с многозвенным силоприводом из материала с «памятью формы»

На нижней плите (1) жестко установлены две удлиненные втулки (2), которые являются направляющими для двух колонок (3), закрепленных в верхней плите (4). Колонки свободно перемещаются во втулках нижней плиты.

По центру нижней и верхней плит, смонтирован силопривод (5) выполненный из нитинола. Силопривод закреплён к плитам через втулки из электроизоляционного материала (6). В закрепленном состоянии силопривод под воздействием пружин (7) находится в натянутом состоянии.

Силопривод помещен в цилиндр (8), в который от компрессора подается воздух для охлаждения силовых элементов после завершения рабочего хода. Воздух подается через штуцер в зоне нижнего основания силопривода и свободно выходит вверху цилиндра через зазор между внутренней стенкой цилиндра и обоймой силопривода.

На нижней плите имеется площадка для установки и закрепления технологических устройств, например, штамп для вырубки-пробивки отверстий в листовой заготовке.

На консоли верхней плиты установлен регулируемый по высоте шток 10 для регулирования силового воздействия на используемые технологические устройства.

Пресс подключается к электросети переменного тока напряженностью 220 В и частотой 50 Гц.

Через силовой понижающий трансформатор напряжение 6...12 В подаётся на силовые элементы силопривода. Элементы нагреваются до температуры в 100 в результате чего в них происходят структурные превращения и элементы стремятся сократить свою длину и, при этом, с определенным усилием через шток пресса воздействуют на технологическое устройство.

По окончании рабочего цикла потоком воздуха, подаваемым от компрессора внутрь цилиндра, происходит ускоренное охлаждение силовых элементов и их возвращение в исходное состояние.

Спроектированный пресс (рис. 9) изготовлен и опробован в лабораторных условиях. Его габаритные размеры 240 × 140 × 180 мм, вес 5 кг.



Рис. 9. Пресс с силоприводом из материала с «памятью формы»

Заключение

Предложена конструкция многозвенного силопривода из материала с памятью формы, состоящего из термически тонких силовых элементов, соединенных параллельно. Такие силоприводы обладают целым рядом преимуществ:

– возможность создания значительных усилий за счёт суммирования усилий, развиваемых каждым силовым элементом;

- ускоряется нагрев и охлаждение силовых элементов до заданной температуры;
- облегчается процесс наведения «памяти формы».

2. Определены технические эксплуатационные характеристики многозвенных силоприводов, необходимые для разработки технического задания для проектирования прессы: развиваемые усилия при заданном перемещении, время нагрева, величину пропускаемого тока и другие.

3. Разработан, спроектирован и изготовлен малогабаритный пресс с силоприводом из материала с «памятью формы», предназначенный для выполнения операций вырубки-пробивки для получения типовой детали.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хусаинов, М.А. Механическое поведение сплавов с памятью формы и их использование в технике / В.А. Андреев, А.Б. Афанасьев // Вестник Новгородского государственного университета.– 2005. – №30. – С. 1–11.
2. Тихонов, А.С. Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении / А.С. Тихонов. – Москва: Машиностроение, 1981. – 76 с.
3. Корнилов, И.И. Никелид титана и другие сплавы с эффектом «памяти» / И.И. Корнилов, О.К. Белоусов, Е.В. Качур. – М.: Наука, 1977. – С. 161.
4. Пушин, В.Г. Сплавы никелида титана с памятью формы. Ч. I. Структура, фазовые превращения и свойства // С.Д. Прокошкин, Р.З. Валиев. – Екатеринбург: УрО РАН, 2006. – 440 с.
5. Глушченков, В.А. Пресс с силоприводом из сплава с памятью формы / В.А. Глушченков, Е.С. Феоктистов. – Кузнечное штамповочное производство.– 1966.– S4.– С. 21–22.
6. Glushchenkov, V.A. Actuator from a material with the high-temperature shape memory effect and examples of its application in engineering // V.A. Glushchenkov, V.K. Alekhina. – Key engineering materials 2016 pp. 523–529.
7. Алехина, В.К. Многозвенные силоприводы из материала с памятью формы и их характеристики / В.К. Алехина, В.А. Глушченков // Известия Самарского научного центра РАН. — 2017. — Т. 19. № 1 (3). — С. 483–488.

REFERENCES

1. Khusainov M. A., Andreev V. A., Afanasiev, A. B. Mekhanicheskoe povedenie splavov s pamyat'yu formy i ikh ispol'zovanie v tekhnike [Mechanical behavior of the alloy with shape memory and their use in the technique] Vestnik Novgorodskogo gosudarstvennogo universiteta [Vestnik of Novgorod state University], №30, 2005, pp. 1–11.
2. Tikhonov A. S. Primenenie effekta pamyati formy v sovremennom mashinostroyenii [Application of shape memory effect in modern mechanical engineering] , Mashinostroyenie [Mechanical engineering], Moscow, 1981, pp. 76.
3. Kornilov I. I., Kornilov I. I., Belousov O. K., Kachur E. V. Nikelid titana i drugie splavy s efektom «pamyati» [Nikelid titanium and other alloys with the effect of «memory», Nauka [Science], Moscow, 1977, pp. 161.
4. Pushin V. G., Prokoshkin S. D., Valiev R. Z. Splavy nikelida titana s pamyat'yu formy. Ch. I. Struktura, fazovye prevrashcheniya i svoystva [Alloys of titanium nickelide with shape memory. Part I. Structure, phase transformations and properties], Ekaterinburg, 2006, 440 p.
5. Glushchenkov V. A., Feoktistov E. S. Press s siloprivodom iz splava s «pamyat'yu» formy [Press saleprivate of the alloy with a «memory»], Kuznechnoe shtampovochnoe proizvodstvo [Forging and stamping production], S4, 1966, pp. 21–22.
6. Glushchenkov V. A., Alekhina V. K. Siloprivod iz materiala s vysokotemperaturnym efektom pamyati formy i primery ego primeneniya v tekhnike [Actuator from a material with the high temperature shape memory effect and examples of its application in engineering], Osnovnye tekhnicheskie materialy [Key engineering materials], Swiss, 2016, pp. 523–529.
7. Alekhina V. K., Glushchenkov V. A. Mnogozvennyye siloprivody iz materiala s pamyat'yu formy i ikh kharakteristiki [Multi-link saleprivate from a material with shape memory and their characteristics], Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN [Proceedings of the Samara scientific center of RAS], Vol. 19., No. 1 (3), 2017, pp. 483–488.

Статья поступила в редакцию в окончательном варианте 06.06.18