

УДК 621.98.044.7:621.757.002

МНОГОЗВЕННЫЕ СИЛОПРИВОДЫ ИЗ МАТЕРИАЛА С ПАМЯТЬЮ ФОРМЫ И ИХ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© 2017 В.А. Глушников, В.К. Алехина

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

Статья поступила в редакцию 30.05.2017

В статье рассмотрены конструкции многозвенных силоприводов и их применение в технике. Получена зависимость скорости нарастания нагрузки от скорости нагрева, деформационно-силовые характеристики многозвенных силоприводов. Определены основные преимущества таких силоприводов.

Ключевые слова: память формы, нитинол, силопривод, деформирующее оборудование, твердомер.

ПОСТАНОВКА ВОПРОСА

В последние годы в отечественной и зарубежной технике занимают определенную нишу материалы с памятью формы [1-3]. Они используются в качестве силовых приводов в конструкциях различных устройств, деформирующем и испытательном оборудовании и приборах [4-5]. Существующие силоприводы в них состоят, как правило, из стержневых силовых элементов, диаметрами 4-10 мм из сплава ТН-1. Для срабатывания силопривода стержень нагревают до температуры порядка 100 градусов. Характеристики таких силовых элементов определяются деформационно-силовыми диаграммами сплава и временем их срабатывания, т.е. временем нагрева и охлаждения стержня, временем развития напряжений и разгрузки. Кроме того, методика наведения памяти формы требует, при этом, использования оборудования с идентичным требуемым усилием.

Стержневые конструкции силового элемента имеют следующие недостатки, главные из которых:

- ограничение по величине развиваемых усилий (снижение эффекта памяти формы из-за неравномерности нагрева по сечению);
- сложность и длительность нагрева и охлаждения, а, следовательно, малая производительность;
- использование для формирования «памяти» оборудования с соответствующим довольно большим усилием.

Вот почему, задача создания новых конструкций силоприводов из материала с памятью формы, лишенных перечисленных выше недостатков, является актуальной.

Владимир Глушников, доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник лаборатории прогрессивных технологических процессов пластического деформирования. E-mail: imr@ssau.ru
Валентина Алехина, младший научный сотрудник лаборатории прогрессивных технологических процессов пластического деформирования. E-mail: vgl@ssau.ru

ПРЕДЛАГАЕМОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ

Предложена новая конструкция многозвенного силопривода, состоящего из нескольких термически тонких силовых элементов [6]. На рис. 1 дан чертеж одного из таких силоприводов. В корпусе 2 размещено несколько «тонких» силовых элементов 4, например, проволоки диаметром 1 мм. Идея такого технического решения в суммировании усилий, развиваемых каждым силовым элементом, в усилие силопривода в целом.

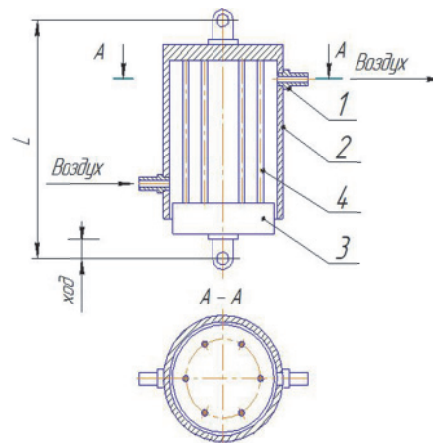


Рис. 1. Многозвенный силопривод с окружным расположением силовых элементов:

1 – штуцер, 2 – корпус, 3 – пластина, 4 – силовые элементы

Проведенные эксперименты подтвердили факт суммирования усилий, создаваемых каждой проволокой, в единую силовую характеристику силопривода. Так, усилие, развиваемое каждой проволокой в 40 кН, создает общее усилие многозвенного (три проволоки) силопривода в 120 кН.

Преимущества созданного силопривода:

- облегчается и ускоряется процесс подвода и съема тепла с каждого элемента

- достигается равномерность нагрева каждого силового элемента

- открылась возможность создания силоприводов со значительно большими усилиями, чем развиваемыми при использовании стержневых конструкций

- упростилась методика наведения памяти формы при использовании стандартного оборудования незначительных усилий

Наилучшим решением, например, для нагрева проволоки явился метод электронагрева непосредственным пропусканием тока через проволоку. При токе в 30 ампер температура в 100 градусов достигалась уже через 3,1 секунды.

Оставался не решенным вопрос производительности создаваемого многозвенного силопривода из материала с памятью формы и, следовательно, оборудования, устройств, приборов, где в качестве силоприводов использовались материалы с памятью формы. Для решения поставленного вопроса создан стенд, схема которого приведена на рисунке 2. Он позволяет экспериментально исследовать связь скорости нагрева и скорости развития напряжений при реализации «памяти формы».

На рис. 3 в качестве примера приведены полученные на стенде кривые изменения температуры нагрева (Т) и развития усилий (Р). Из графиков видна зависимость развиваемых усилий от скорости нагрева, при различных значениях тока J.

Результаты обработки полученных зависимостей (рис. 3) сведены в табл. 1.

Приведенные данные позволяют сделать вывод о влиянии скорости нагрева на скорость развития силоприводом усилий (рис. 4) и, в конечном счете, на производительность деформирующего и испытательного оборудования.

Кроме того, стенд, благодаря имеющейся возможности ограничения (зазор Δl) перемещения силового элемента от 0 до 14 мм (рис. 2), позволяет получить деформационно - силовые характеристики силопривода. На рис. 5 приведены усилия, развиваемые силовым элементом при различной величине перемещения Δl

В табл. 2 приведены полученные значения усилий при соответствующих перемещениях (Δl).

Полученные характеристики многозвенных силоприводов дали возможность сформулировать технические задания на создание, например, деформирующего оборудования - пресса (рис. 6), испытательного прибора - твердомера (рис. 7) Конструкции пресса и твердомера защищены патентами России [7-8].

ВЫВОДЫ

1. Предложены новые конструкции силоприводов из материалов с памятью формы – многозвенные, состоящие из нескольких термически тонких элементов, соединенных параллельно.

2. Исследованы (определены) технические характеристики предлагаемых силоприводов: деформационно-силовые и эксплуатационные. Впервые установлена связь скорости нагрева силовых элементов со скоростью развития ими усилий при реализации эффекта памяти формы.

3. Определены основные преимущества многозвенных силоприводов:

- возможность создания силоприводов со значительными усилиями.
- не требуется использование мощного испытательно-силового оборудования, для создания памяти, так как её наведение - осуществляется для каждого силового элемента отдельно.
- обеспечивается равномерность нагрева и охлаждения элемента.

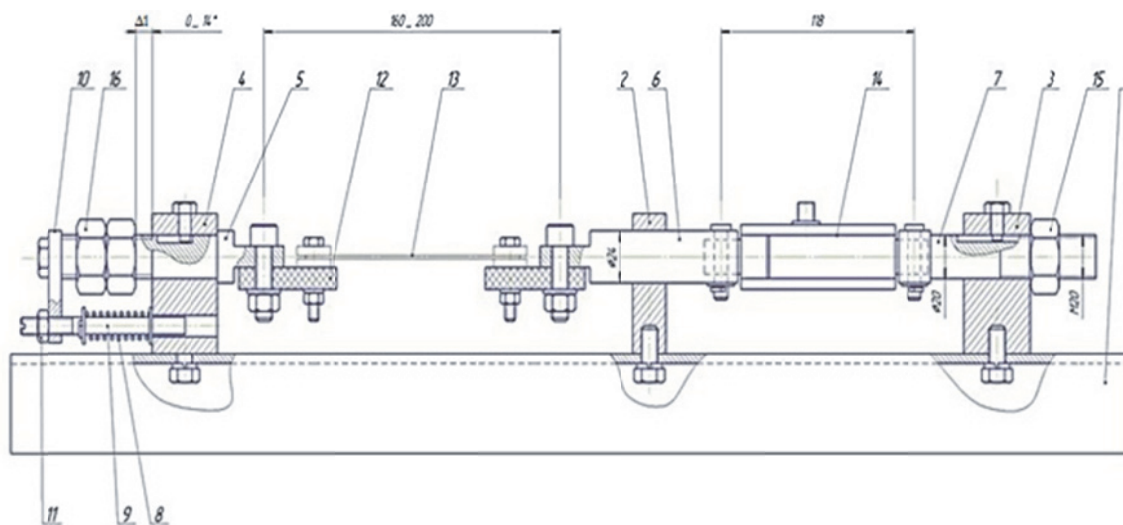
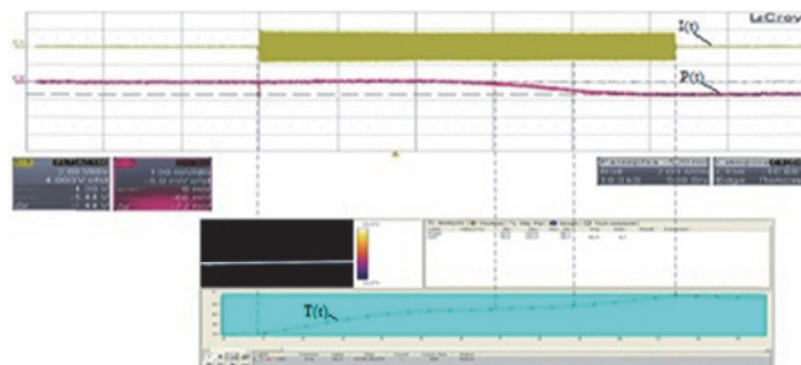
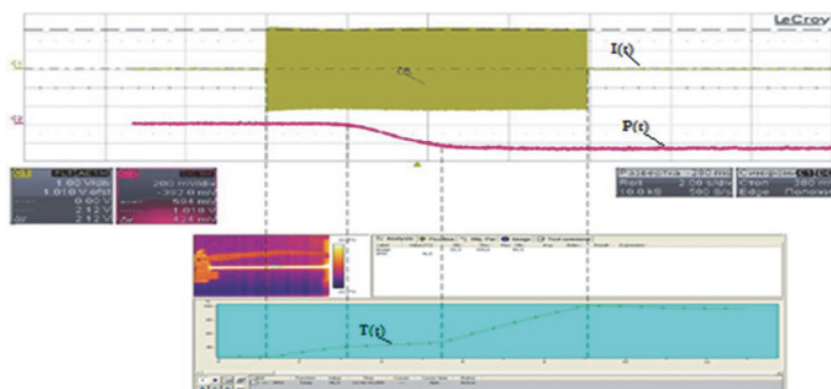


Рис. 2. Схема устройства для испытания проволоочных силовых элементов:

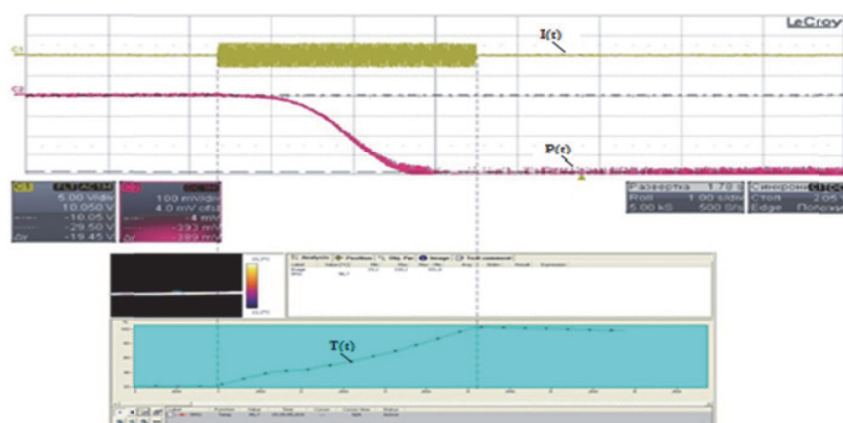
- 1 – основание, 2,3,4 – опоры, 5 – держатель, 6 – переходник, 7 – шток, 8 – пружина, 9 – пальцы, 10 – лапка, 11,15 – гайка, 12 – переходники, 13 – силовой элемент, 14 – датчик усилия



a)



6)



B)

Рис. 3. Кривые изменения Т и Р при различной величине пропускаемого тока I:
а – I-15А; б – I-20А в; – I-30А

Таблица. 1. Экспериментальные данные значения зависимостей

Ток I (ампер)	Длительность нагрева до 100°C (сек) τ	Скорость изменения температур $\dot{T}$ (°C/сек)	Скорость нарастания нагрузки $\dot{P}$ (Н/сек)
15	10,5	7,6	70,1
20	3,9	10,3	235,4
30	3,1	25,8	459,9

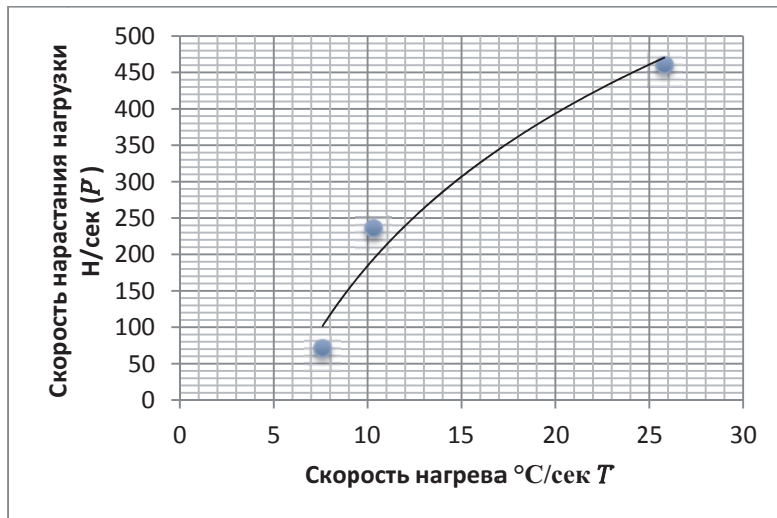
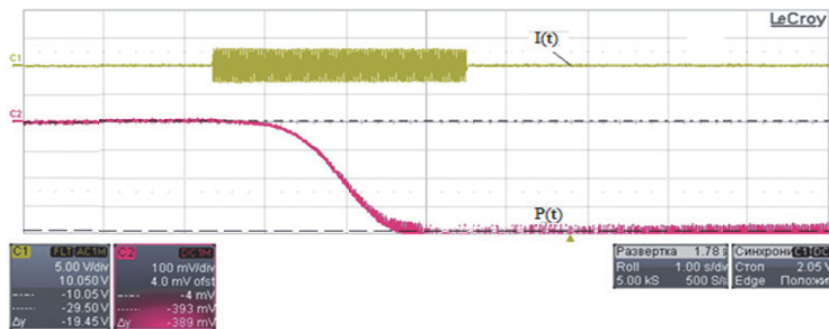
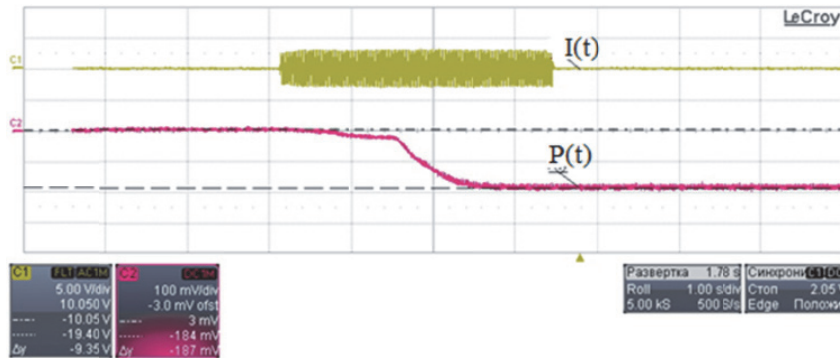


Рис. 4. Диаграмма зависимости скорости нарастания нагрузки от скорости нагрева

а) При перемещении $\Delta l = 0$ мм



б) При перемещении $\Delta l = 1,5$ мм



в) При перемещении $\Delta l = 3$ мм

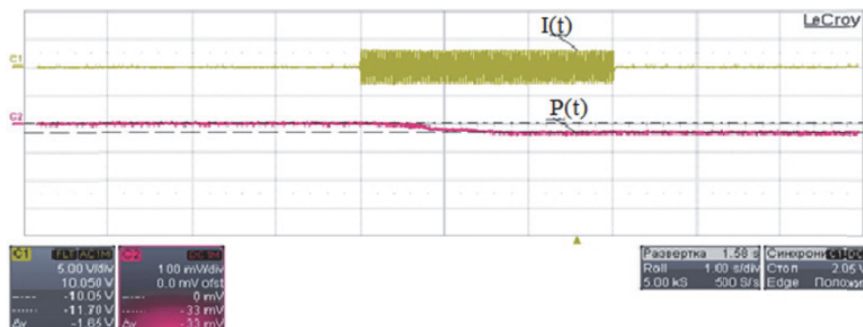
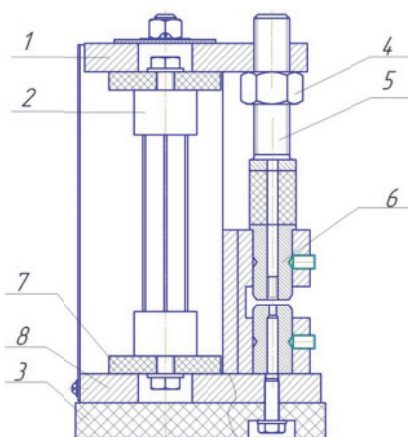
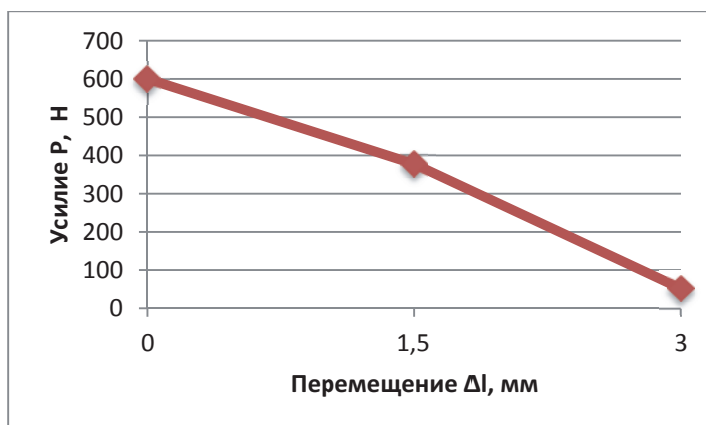


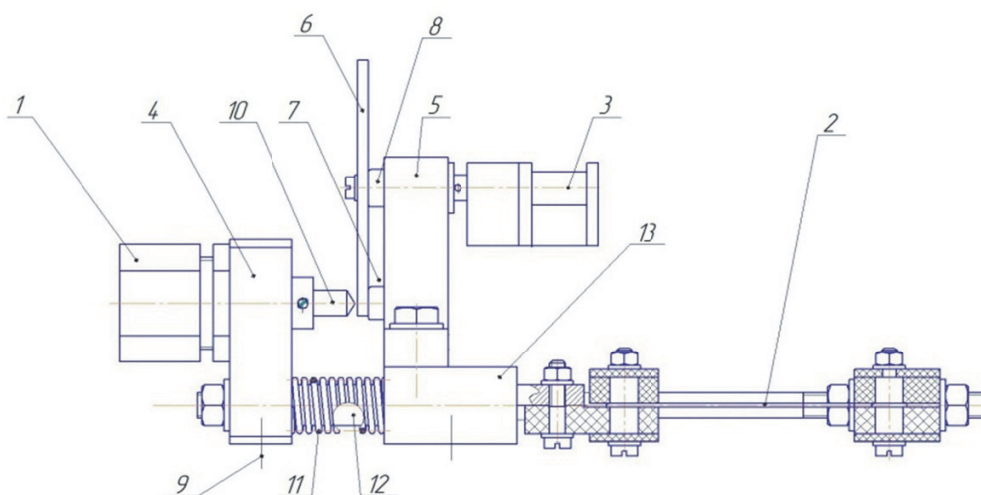
Рис. 5. Деформационно - силовые характеристики силового элемента при различных перемещения: а – 0 мм; б – 1,5 мм; в – 3 мм

Таблица 2. Усилие, развиваемое образцом при различных перемещениях (Δl)

Δl , мм	P, Н
0	599,77
1,5	377,34
3	51,78


Рис. 6. Пресс с многосвязным силоприводом из материала с памятью формы:

1 – балка, 2 – силопривод, 3 – подставка, 4 – гайка, 5 – шток,
6 – деформирующий инструмент, 7 – основание, 8 – изолятор


Рис. 7. Твердомер с многосвязным силоприводом из материала с памятью формы:

1 – давяльник, 2 – силопривод, 3 – храповой механизм, 4 – кронштейн, 5 – стойка, 6 – образец,
7 – пята, 8 – ось, 9 – винт, 10 – индентор, 11 – пружина, 12 – шток, 13 – палец

- упрощается техника подвода и съема тепла (нагрев-охлаждение силопривода) с каждого тонкого силового элемента.
- сокращение производственного цикла работы силопривода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тихонов А.С. Применение эффекта памяти формы в современном машиностроении. Москва: Машиностроение, 1981. 76 с.

2. Белоусов В.П., Дукин Е.П., Фавстов Ю.К. Исполнительный механизм многократного действия с возвратно-поступательным движением. // Материалы с эффектом памяти и их применение: материалы семинара. Новгород. 1989.
3. Фавстов Ю.К., Кушкин В.А., Ермаков В.М. Эффект памяти формы в сплавах на основе никелида титана // Актуальные проблемы прочности. Пластичность материалов и конструкций: Тезисы докл. Тарту, 1985. С. 124
4. Глушченков В.А., Феоктистов В.С. Пресс с силоприводом из сплава с памятью формы // Кузнечно-штамповочное производство. 1986. №4 С.21-22.
5. Actuator from a material with the high-temperature shape memory effect and examples of its application in engineering / V. Alekhina, V. Glushchenkov, R. Yusupov, U. Egorov // Key Engineering Materials. 2016. No.V. 684. P. 523-529
6. Глушченков В.А., Юсупов Р.Ю., Алехина В.К., Егоров Ю.А. Электротермический силовой привод: патент РФ №163932
7. Глушченков В.А., Феоктистов В.С., Самсонов В.Г., Усольцев М.И., Баранов Ю.И., Барвинок В.А. Термический пресс-штамп. Патент РФ №1224179
8. Глушченков В.А., Юсупов Р.Ю., Алехина В.К. Устройство для испытания материалов на твердость в условиях космического пространства: патент РФ №157417.

MULTI-LINK ACTUATORS FROM A SHAPE MEMORY MATERIAL AND THEIR CHARACTERISTICS

© 2017 V.A. Glushchenkov, V.K. Alyokhina

Samara National Research University named after Academician S.P. Korolyov

The article deals with the design of multi-link actuators and their application in engineering. The dependence of the rate of load increase on the heating rate, deformation-power characteristics of multi-link actuators is obtained. The main advantages of such power drives are determined.

Keywords: shape memory, nitinol, power drive, deforming equipment, hardness tester.

*Vladimir Glushchenkov, Doctor of Technics, Professor,
Leading Research Fellow at the Laboratory of Progressive
Technological Processes of Plastic Deformation.*

E-mail: imp@ssau.ru

*Valentina Alyokhina, Associate Research Fellow at the
Laboratory of Progressive Technological Processes of Plastic
Deformation. E-mail: vgl@ssau.ru*