

Анализ результатов проведенных исследований износа и затупления инструмента при обработке древесных материалов позволяют сделать следующие выводы.

Основными параметрами износа являются радиус округления и величина линейного укорочения по передней поверхности. Значения этих двух параметров определяют число перезаточек и величину объема металла, снимаемого при перезаточке ножа, следовательно эти параметры влияют на энерго- и материалопотребление при подготовке ножа к работе.

**Заключение.** Для проведения экспериментальных исследований влияния температурных режимов на остаточную деформацию образцов ножей изготовлены модельные образцы рубильных ножей из сталей марок 6ХВ2С (базовой), У8А и 9ХФ, каждый из которых по своим размерам полностью соответствует своему аналогу (готовому ножу). ТО проведена по режимам, рекомендованным для этих сталей.

Результаты экспериментальных исследований показали, что образцы с небольшими размерами и относительно большой толщиной после ТО не имеют никаких остаточных деформаций. Образцы, относительно тонкие и длинные (длиной более 300 мм), после ТО имеют остаточную деформацию в виде прогиба. При этом величина прогиба тем больше, чем меньше отношение толщины образца к его длине и ширине. Установлено, что образцы, изготовленные из стали марки 6ХВ2С, имеют величину прогиба меньшую, чем образцы из стали марок У8А и 9ХФ.

Устранить выявленные дефекты в виде прогибов удастся путем разогрева искривленных образцов до температуры отпуска и последующей выдержки между стальными плитами на гидравлическом прессе под нагрузкой до остывания заготовки.

Из стали 6ХВ2С, поставляемой на белорусский рынок из России, на опытном производстве в Физико-техническом институте НАН Бе-

ларуси, с учетом полученных результатов экспериментальных исследований модельных образцов, было изготовлено несколько комплектов опытных образцов рубильных ножей, предназначенных для испытаний в производственных условиях на деревообрабатывающих предприятиях республики (ОАО «Минскдрев», ЗАО «Холдинговая компания «Пинскдрев»).

Производственные испытания всех рубильных ножей, изготовленных по технологиям, разработанными в ФТИ НАН Беларуси и БарГУ, показали их соответствие производственным требованиям, а также требованиям ГОСТов, что позволяет рекомендовать их для широкого внедрения на деревообрабатывающих предприятиях, специализирующихся на производстве технологической щепы.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новости деревообработки // Газета №1 (157). – 2014. – С. 1.
2. Алифанов, А.В. Определение оптимальных режимов термической и термомеханической обработки рубильных ножей / А.В. Алифанов, А.М. Милукова, В.В. Цуран // Журнал Вестник БарГУ. Сер. Технические науки – 2014. – Вып. 2. – С. 17–22.
3. Жарский, И.М. Технологические методы обеспечения надежности деталей машин / И.М. Жарский, И.Л. Баршай, Н.А. Свидунович, Н.В. Спиридонов. – Мн.: Вышэйшая школа, 2010. – 336 с.
4. Ножи для рубильных машин. Технические условия: ГОСТ 17342-81. – Введ. 11.03.1981. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1983. – 8 с.
5. Ножи для рубильных машин. Технические условия: ГОСТ 17342-81. – Введ. 11.03.1981. – М.: Госкомитет СССР по стандартам, 1983. – 8 с.
6. Щепя технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815-83. – Введ. 01.01.1983. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

Материал поступил в редакцию 10.12.14

#### ALIFANOV AV., MILYUKOVA A.M., TSURAN V.V. Development of manufacturing techniques of rubilny knives taking into account results of pilot studies of model samples, and carrying out production tests of knives

As a result of the conducted pilot studies of model samples it is established that samples the rubilnykh of knives with small sizes and rather big thickness after THAT have no residual deformations. Thinner samples of a rectangular shape (length more than 300 mm), after THAT have residual deformation in the form of a deflection. Thus the size of a deflection of subjects is more, than the sample thickness relation to its length and width is less. It is established that the samples made of brand 6ХВ2С steel have deflection size smaller, than samples from steel of the У8А and 9HF brands.

On pilot production at the NAN Physics and technology institute of Belarus, some sets of prototypes the rubilnykh of the knives intended for tests under production conditions at the woodworking enterprises of the republic were made (JSC Minskdrev, JSC Pinskdrrev Holding Company).

Production tests of all skilled knives made according to the technical processes developed at the NAN Physics and technology institute of Belarus and BARGU showed their compliance to production requirements, and also requirements of state standard specifications that allows to recommend them for widespread introduction at the woodworking enterprises specializing on production of technological spill.

УДК 621.646.2

**Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Непомнящая В.В.**

### ЗАПОРНЫЙ КЛАПАН С ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ЭЛЕМЕНТОМ ИЗ НИКЕЛИД ТИТАНА

**Введение.** В настоящее время широкое практическое применение в различных отраслях промышленности находят материалы, проявляющие эффект памяти формы, в частности, изделия с TiNi элементами. Работа их основана на проявлении эффекта сверхупругости или эффекта памяти формы (ЭПФ). Эффект памяти формы — способность восстанавливать исходную форму при нагреве через интервал мартенситных превращений после предварительного деформирования в низкотемпературной мартенситной фазе [1]. На сегодняшний день известно уже более нескольких десятков сплавов с памятью формы на основе разных химических элементов. Однако семейство нитиноловых остается самым распространенным. В них четко выражен эффект памяти формы, можно с хорошей точностью регулировать диапазон рабочих температур, вводя в сплав различные примеси. В стесненных условиях, когда свободный воз-

врат деформации запрещен, элементы из сплавов с ЭПФ при нагреве в интервале мартенситного превращения развивают реактивные напряжения до 600–1000 МПа, что на порядок превосходит уровень напряжений, генерируемых обычными материалами при нагреве в том же температурном интервале. Элементы из сплавов с памятью формы на основе никелида титана способны в узком температурном интервале от 5 до 40 °С восстанавливать предварительно заданные однократные и обратимые деформации порядка 7 % [2].

Основная часть. Материал, обладающий способностью к возврату деформаций, можно запрограммировать на довольно сложные движения и тем самым на совершение исполнительных функций почти неограниченной степени сложности [3]. Используя способность материала к проявлению многократно обратимой памяти формы, легко сделать трансформируемые конструкции, которые будут со-

*Рубаник Василий Васильевич, д.т.н., член-корреспондент национальной академии наук Беларуси, директор Государственного научного учреждения «Институт технической акустики НАН Беларуси».*

*Рубаник Василий Васильевич мл., к.физ.-мат.н., доцент, зав. кафедрой физики и технической механики Витебского государственного технологического университета.*

*Непомнящая Виктория Викторовна, магистрант кафедры физики и технической механики Витебского государственного технологического университета.*

*Беларусь, ВГТУ, 210035, г. Витебск, Московский пр., 72.*

вершать саморазвертывание и самосборку, а отдельные исполнительные элементы, например пружины, будут многократно повторять движения самых разнообразных траекторий. Такие элементы аппаратуры применяют, в частности, в элементах контрольно-исполнительных механизмов в системах обеспечения безопасности различных технологических процессов и функционирования промышленных помещений (разъединители токовых сетей, противопожарные сигнальные системы и исполнительные элементы систем пожаротушения, сигнально – исполнительные элементы противопожарных и предохранительных клапанов в системах вентиляции) [4].

В настоящей работе приведена конструкция разработанного запорного клапана с TiNi исполнительным элементом, регулирующего поступление воды и срабатывающего при достижении определенной критической температуры. На рисунке 1 представлена трехмерная модель клапана, построенная, при помощи САПР КОМПАС 3D. За счет срабатывания TiNi элемента разработанный запорный клапан уменьшает подачу воды, если критическая температура воды достигнет  $48 \pm 50$  °С. Он может использоваться для монтажа и модернизации различных смесителей и душевых. Преимущество данного клапана заключается в быстрой и простой установке.

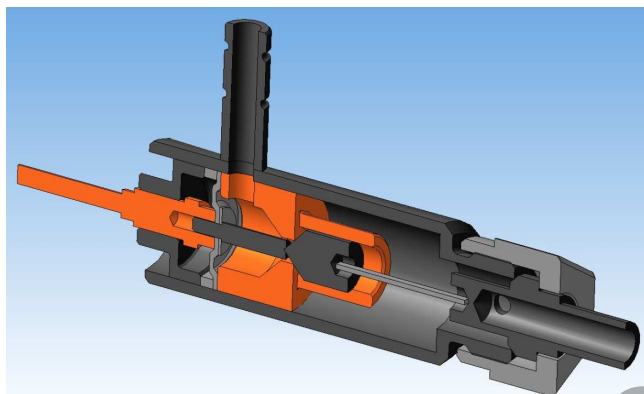


Рис. 1. 3D-модель запорного клапана с TiNi исполнительным элементом

Поскольку на механические и функциональные свойства никелида титана существенно влияют его термообработки, то предварительно были проведены исследования по выбору режимов задания формы TiNi элементу и термической обработки. Образцы исполнительного элемента подвергали термической обработке при различных температурах 400, 450, 480, 500, 550, 600 °С с различным временем выдержки и последующей закалке. После отжига проводили дифференциально термический анализ, который позволил определить температуру срабатывания исполнительного элемента запорного клапана. Данные исследования приведены на рисунке 2.

Оценивая полученные данные с помощью ДСК видно, что исполнительный элемент запорного клапана, срабатывает при температурах близких к  $40 \pm 50$  °С, при термической обработке в диапазоне от 450 до 500 °С.

Для окончательного выбора термообработки исполнительного элемента, образцы испытывали на трехточечный изгиб на разрывной машине ИП 5158-5.

Из анализа полученных данных был выбран наиболее оптимальный режим термообработки: нагрев до  $480 \pm 500$  °С с выдержкой 1 час и последующей закалкой в воде (рис. 3). После такой термообработки температура срабатывания исполнительного элемента (температура срабатывания исполнительного элемента) составляет 48 °С.

Работа запорного клапана (рис. 4) осуществляется следующим образом. Вода подается во втулку 2 и через отверстие поступает непосредственно в корпус клапана 3 и перепускную втулку 6. При рабочей температуре воды TiNi элемент 4 находится в сжатом состоянии, что позволяет воде беспрепятственно поступать через зазор между золотником 5 и перепускной втулкой 6 в отверстие втулки и ниппель 12. Если температура воды достигнет критического значения  $48 \pm 50$  °С, то за счет реализации эффекта памяти формы срабатывает TiNi элемент 4. Золотник 5, смещаясь вперед, закрывает зазор и предотвращает поступление воды в ниппель.

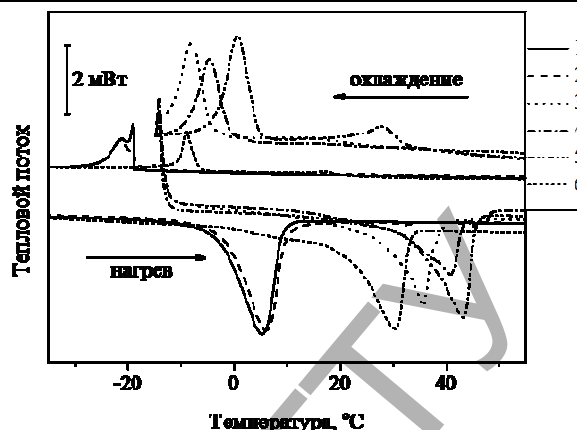
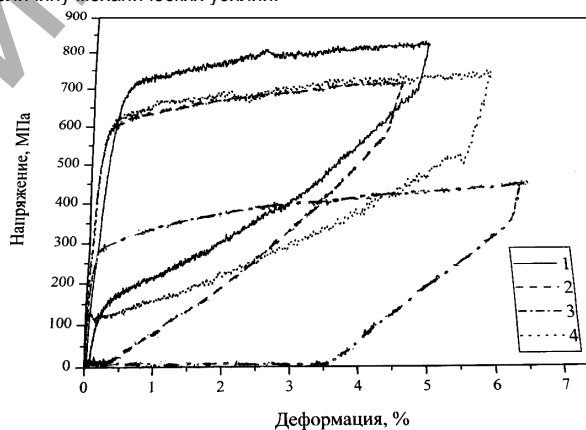


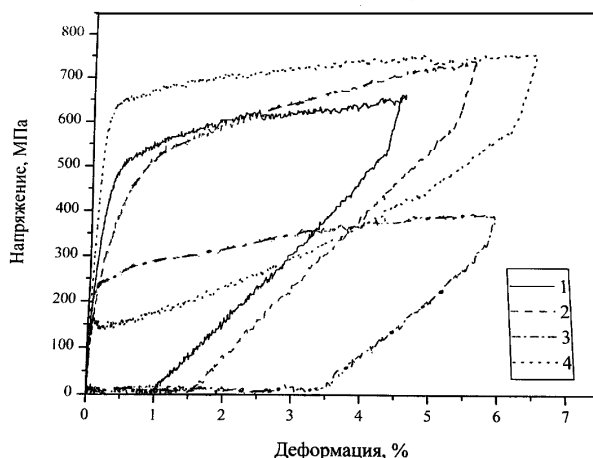
Рис. 2. Зависимость теплового потока от температуры образца никелида титана после термообработки при 600°С (1), 550°С (2), 500°С (3), 480°С (4), 450°С (5) и 400°С (6) в течении 30 минут с последующей закалкой

Введение TiNi исполнительного элемента в исходное рабочее состояние возможно лишь при уменьшении температур до  $25 \pm 30$  °С. Оператор вручную штоком 10 должен деформировать в этом диапазоне температур, где усилия являются минимальными (рис. 3, кривая 3).

Заключение. Предложенная конструкция запорного клапана с исполнительным элементом из никелида титана, обладающего эффектом памяти формы может быть использована в системах подачи воды к блокам химического анализа на ТЭЦ, в смесителях и т.п. Соответствующая термическая обработка исполнительного TiNi элемента позволяет контролировать температуру его срабатывания и величину механических усилий.



а)



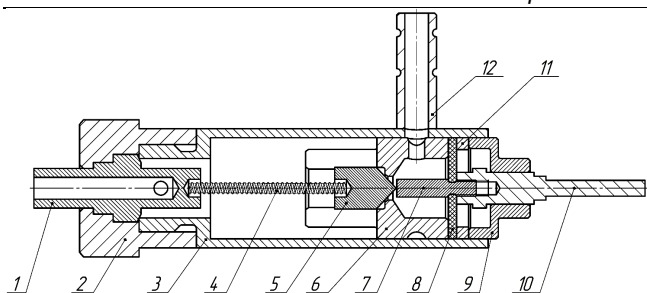
б)

1 – 400 °С; 2 – 450 °С; 3 – 500 °С; 4 – отжиг 550 °С. Время термообработки: а) – 1 час; б) – 3 часа

Рис. 3. Кривые напряжение – деформация TiNi элемента. Температура отжига

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Материалы с эффектом памяти формы: справ. изд.: в 4т. / Редкол.: В.А. Лихачева и [др.]. – Санкт-Петербург: НИИХ СПбГУ, 1998. – Т. 2. – 374 с.
2. Фаткулина, Л.П. Сплавы с памятью формы на основе никелида титана // Технология легких сплавов. – 1990. – № 4. – С. 48.
3. Ситников, Н.Н. Изготовление и исследование аморфнокристаллических быстрозакаленных лент из сплава TiNiCu / Н.Н. Ситников, А.В. Шеляков, А.П. Менушенков // Труды XIX научно-технической конференции молодых ученых и специалистов. РКК «Энергия» им. С.П. Королева. – 2012. – Сер. XII. – В. 1–2. – С. 275.
4. Масленков, С.Б. Способ обработки изделий из сплавов на основе никелида титана для получения низкотемпературной обратной памяти формы / Институт металлургии им. А.А.Байкова. – Заявлено 20.04.87; Опубл. 15.07.89. Бюл. № 26.



1 – втулка; 2 – винтовая крышка; 3 – корпус; 4 – TiNi элемент; 5 – золотник; 6 – перепускная втулка; 7 – винт; 8 – мембрана; 9 – крышка; 10 – шток; 11 – кольцо; 12 – ниппель.

Рис. 4. Запорный клапан с TiNi исполнительным элементом

Материал поступил в редакцию 12.01.15

RUBANIK V.V., RUBANIK V.V. Jr., NEPOMNIJASHAJAV.V. The locking valve with the executive element from nikelid of the Titan

The design of the developed locking valve from TiNi an executive element regulating water inflow and working at achievement of a certain critical temperature is given in article. The description of its work is given.

The description of previously conducted researches on a choice of the modes of a task of the TiNi form to an element and heat treatment is provided, and also dependence of a thermal stream on temperature of a sample of a nikelid of the titan after processing is given.

Curves "tension – deformation of TiNi of an element" are presented. The analysis of these curves on the basis of which the most optimum mode of heat treatment of an executive element was chosen is carried out.

УДК620.179.1.05

Рубаник В.В., Рубаник В.В. мл., Лесота А.В.

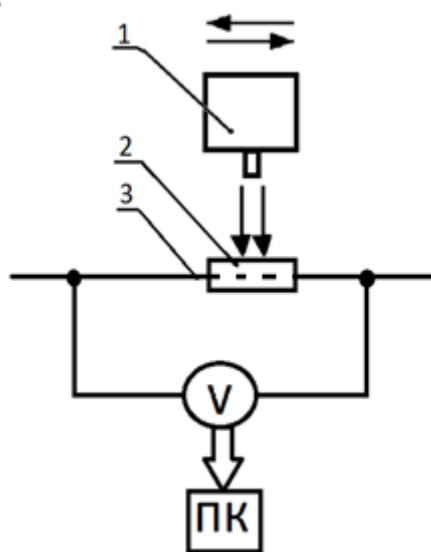
НЕРАЗРУШАЮЩИЙ МЕТОД И УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ОДНОРОДНОСТИ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ TiNi ИЗДЕЛИЙ

**Введение.** В настоящее время широкое практическое применение в различных отраслях науки и техники находят сплавы с термоупругими фазовыми превращениями, в том числе на основе титана и никеля. В связи с этим представляется актуальной разработка методов и устройств контроля однородности физико-механических свойств протяженных, например проволочных, TiNi изделий.

В основу разработанного метода контроля положены результаты экспериментальных исследований по наведению термокинетической ЭДС в сплавах TiNi при прямом и обратном фазовом превращении [1, 2]. Одной из причин возникновения термокинетической ЭДС является протекание фазовых превращений, которые в сплавах с эффектом памяти формы, например никелиде титана, могут осуществляться при невысоких температурах [2].

**Исследования по наведению термокинетической ЭДС** при прямом фазовом переходе проводили на проволочных образцах Ti-49,77ат.% Ni, диаметром 0,25 мм, предварительно отожженных при температуре 700°С в течение двадцати минут и закаленных в воде. Характеристические температуры мартенситных переходов, определенные по температурным зависимостям теплового потока методом дифференциальной сканирующей калориметрии на DSC822e (METTLER TOLEDO), составили:  $M_n = -21^{\circ}C$ ,  $M_k = -30^{\circ}C$ ,  $A_n = -9^{\circ}C$ ,  $A_k = 1^{\circ}C$ . То есть материал при комнатной температуре находился в аустенитном состоянии.

TiNi образцы длиной 420 мм закрепляли на специальной установке (рис. 1), позволяющей перемещать зону охлаждения со скоростью 2,5 мм/с. В процессе перемещения зоны охлаждения на нее воздействовали жидким азотом. В результате в зоне охлаждения инициировался прямой фазовый переход из аустенита в мартенсит (A→M), перемещение зоны охлаждения осуществлялось последовательно в противоположных направлениях. Места контакта образца с подводящими проводами термоизолировали, сигнал с милливольтметра выводили на персональный компьютер.



1 – устройство для охлаждения; 2 – область охлаждения; 3 – проволочный образец

Рис. 1. Структурная схема измерительной установки

В результате исследования установлено, что в низкотемпературных сплавах TiNi в процессе перемещения зоны охлаждения с температурой ниже  $M_k$  вдоль проволочного образца с постоянной скоростью, возникает устойчивая термокинетическая ЭДС (рис. 2). Величина наведенной термокинетической ЭДС находится в интервале от 0,17 до 0,21 мВ (рис. 2а). Знак наведенной термокинетической ЭДС зависит от направления перемещения зоны охлаждения.

Лесота Анна Викторовна, младший научный сотрудник ЛФМ Государственного научного учреждения «Институт технической акустики НАН Беларуси».