

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(21) **201501124** (13) **A1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОЙ ЗАЯВКЕ

(43) Дата публикации заявки
2017.04.28

(22) Дата подачи заявки
2015.10.09

(51) Int. Cl. **C22F 1/00** (2006.01)
C22F 1/10 (2006.01)
C21D 1/04 (2006.01)
C22F 3/00 (2006.01)

(54) СПОСОБ ЗАДАНИЯ ПАМЯТИ ФОРМЫ ИЗДЕЛИЯМ ИЗ СПЛАВА TiNi

(96) 2015/EA/0128 (BY) 2015.10.09

(71) Заявитель:
**ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ "ИНСТИТУТ
ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ
НАУК БЕЛАРУСИ" (ГНУ "ИТА НАН
БЕЛАРУСИ") (BY)**

(72) Изобретатель:
**Рубаник Василий Васильевич,
Рубаник Василий Васильевич, мл.,
Милюкина Светлана Николаевна
(BY)**

(57) Изобретение относится к области материаловедения, а именно к материалам, обладающим эффектом памяти формы. Для снижения температуры обработки при задании памяти формы изделиям из TiNi сплавов осуществляют формообразование конструкции в мартенситной фазе, заневоливание и последующий нагрев в заневоленном состоянии до температуры окончания обратного мартенситного превращения под нагрузкой ($A_{кс}$) обычным тепловым способом или посредством воздействия ультразвуковых колебаний с последующим охлаждением ниже температуры окончания прямого мартенситного превращения под нагрузкой ($M_{кс}$). Продолжительность ультразвукового воздействия зависит как от геометрических параметров заготовки, так и мощности ультразвуковых колебаний, при этом нагрев материала превышает температуры окончания обратного мартенситного превращения в свободном состоянии (A_k) всего на $\sim 15-20^\circ\text{C}$. Столь малый разогрев материала при задании памяти формы не имеет аналогов и позволяет осуществлять задание памяти формы конструкционным элементам, помещенным в полимерную оболочку.

A1

201501124

201501124

A1

МПК⁶: C 22 F 1/18

B 01 J 19/10

C 21 D 1/00

C 21 D 8/00

СПОСОБ ЗАДАНИЯ ПАМЯТИ ФОРМЫ ИЗДЕЛИЯМ ИЗ СПЛАВА TiNi

Изобретение относится к области материаловедения, а именно к материалам, обладающим эффектом памяти формы (ЭПФ).

Известен способ задания памяти формы, заключающийся в том, что сначала с помощью прокатки или волочения сплав в достаточной степени подвергается деформационному упрочнению, затем с помощью соответствующей обработки сплаву придается заданная форма, в таком состоянии деталь закрепляется и осуществляется обработка для запоминания формы путем нагрева до температур 400-500 °С с выдержкой от нескольких минут до нескольких часов [1].

Известен также способ задания памяти формы, заключающийся в деформации заготовки из TiNi сплава с нормализованной структурой в мартенситной фазе, фиксации в этом состоянии и нагреве в стесненном (заневоленном) состоянии до температур 200-300 °С [2].

Данный способ является наиболее близким по технической сущности к предлагаемому.

Недостатками известных способов является использование достаточно высоких температур, что делает невозможным обработку комбинированных элементов конструкции, помещенных в полимерную оболочку, приводит к изменению поверхности материала (образование окисного слоя). Кроме того, во втором способе [2] не удаётся получить высокие характеристики восстановления формы по сравнению со свойствами изделий после обработки при температурах 400-500 °С.

Технической задачей, на решение которой направлено данное изобретение, является понижение температуры обработки и получение высоких характеристик формовосстановления.

Решение указанной задачи достигается за счет того, что в способе задания памяти формы, заключающемся в деформации нормализованного материала в мартенситной фазе, заневоливании и последующем нагреве, нагрев осуществляется до температуры окончания обратного мартенситного превращения под нагрузкой A_k^σ и с последующим охлаждением ниже температуры окончания прямого мартенситного превращения под нагрузкой M_k^σ . Причем нагрев до A_k^σ может осуществляться и за счет ультразвукового воздействия, что значительно снижает значение A_k^σ .

Способ реализуется следующим образом.

Материал подвергают деформации в мартенситной фазе, заневоливают в этом состоянии и осуществляют нагрев до температуры A_k^σ обычным тепловым способом или посредством воздействия ультразвуковых колебаний, а затем охлаждают до температуры M_k^σ . В результате чего материал «запоминает» сообщенную ему деформацию. При этом продолжительность ультразвукового воздействия зависит как от геометрических параметров заготовки, так и мощности ультразвуковых колебаний. Общая продолжительность обработки материала для запоминания формы конструкции составляет не более 10 минут.

Запоминание сообщенной материалу деформации в процессе указанной обработки обусловлено реализацией обратного и прямого мартенситных превращений в заневоленном материале. При нагреве до температуры A_k^σ , вследствие невозможности свободного формовосстановления, пластическая деформация мартенситной фазы переходит в пластическую деформацию аустенитной фазы, что

обуславливает запоминание материалом сообщенной ему деформации. При охлаждении вследствие облегчения в момент прямого превращения различного рода перестроений дислокационной и блочной структуры, происходящих путем движения дефектов преимущественно в таком направлении, которое способствует уменьшению плотности дислокаций, и возникновения ориентированных внешними напряжениями зародышей мартенситной фазы обеспечиваются высокие характеристики формовосстановления при последующем деформировании и инициировании эффекта памяти формы в свободном состоянии.

В процессе ультразвукового воздействия материал нагревается лишь до температуры окончания обратного перехода, так как в аустенитном состоянии внутреннее трение в сплаве TiNi значительно ниже, чем в мартенситном или двухфазном состояниях. В деформированном и напряженном материале температурный интервал реализации обратного перехода сдвигается в сторону повышенных температур – однако, если при обычном тепловом нагреве обратное превращение заканчивается при температурах, превышающих температуру окончания обратного мартенситного превращения в свободном состоянии A_k на 100-150 °С, то при ультразвуковом воздействии оно завершается при температурах, превышающих A_k не более, чем на ~ 15 – 20 °С. Это обусловлено тем, что ультразвуковые колебания за счет теплового и силового воздействия [3] существенно снижают A_k^0 [4]. Прекращение ультразвукового воздействия инициирует прямое мартенситное превращение, и, как следствие, эффект пластичности превращения. В результате указанной ультразвуковой обработки в образцах сплава TiNi наблюдается снижение фазового предела текучести, что способствует увеличению ресурса обратимой деформации и обуславливает более высокие характеристики формовосстановления.

Сопоставительный анализ показывает, что предлагаемый способ отличается от прототипа тем, что тепловой и ультразвуковой нагрев осуществляется до температуры A_{κ}^{σ} с последующим охлаждением ниже M_{κ}^{σ} что свидетельствует о наличии признаков, отличающих заявляемый способ от прототипа.

Примеры конкретного осуществления способа.

Во всех примерах использовали в качестве образцов проволоку Ti-50,4 ат.% Ni диаметром 0,65 мм, которую предварительно подвергали рекристаллизационному отжигу при температуре 700 °С в течение 30 минут с последующей закалкой в воде.

Пример 1.

Образец деформируют в мартенситном состоянии изгибом на величину 4,5 % и заневоливают. Затем осуществляют нагрев в заневоленном состоянии до температуры 200 °С, выдержку в течение 5 минут и охлаждение до температуры 10 °С. В результате указанной обработки запоминаемая деформация составляет 3,5 %. После деформирования изгибом в мартенситном состоянии на 6 % и инициирования эффекта памяти формы в свободном состоянии величина восстанавливаемой деформации составляет 6 %.

Пример 2.

Образец деформируют в мартенситном состоянии изгибом на величину 4,5 % и заневоливают. Затем осуществляют нагрев в заневоленном состоянии до температуры 150 °С, выдержку в течение 5 минут и охлаждение до температуры 10 °С. В результате указанной обработки запоминаемая деформация составляет 3,1 %. После деформирования изгибом в мартенситном состоянии на 6 % и инициирования эффекта памяти формы в свободном состоянии величина восстанавливаемой деформации составляет 5,9 %.

Пример 3.

Образец деформируют в мартенситном состоянии изгибом на величину $8,1 \pm 0,1 \%$, заневоливают и осуществляют ультразвуковое воздействие с амплитудой механических напряжений 25 ± 3 МПа и частотой 22 кГц в течение 1 минуты. В результате указанной обработки запоминаемая деформация составляет 6,5 %.

Пример 4.

Образец деформируют в мартенситном состоянии изгибом на величину $4,8 \pm 0,1 \%$, заневоливают и осуществляют ультразвуковое воздействие с амплитудой механических напряжений 25 ± 3 МПа и частотой 22 кГц в течение 1 минуты. В результате указанной обработки запоминаемая деформация составляет 3,1 %.

В процессе ультразвуковой обработки температура материала не превышает 72°C ($A_k = 57^\circ\text{C}$). В результате деформирования образцов после ультразвукового воздействия изгибом в мартенситном состоянии на 10,5 % и инициирования эффекта памяти формы в свободном состоянии обычным тепловым способом величина восстанавливаемой деформации составляет 9,2 %, в то время как в образце не подвергнутом ультразвуковому воздействию всего 7,1 %, что свидетельствует об увеличении ресурса обратимой деформации в процессе ультразвуковой обработки.

Преимущества предлагаемого способа обработки в сравнении с известными способами заключаются в задании формы при более низких температурах, отсутствии повреждений поверхностного слоя материала, возможности обработки комбинированных элементов конструкции и элементов с покрытиями, не выдерживающих высоких температур, и, в связи с использованием более низких температур, упрощении требований к оснастке, необходимой для заневоливания образцов. Кроме того, в

результате использования предлагаемого способа обработки в материале формируются характеристики формовосстановления, не уступающие по своим значениям, характеристикам, полученным в результате обработки при температурах 400-500 °С.

В случае использования ультразвуковых колебаний нагрев материала превышает A_K всего на $\sim 15-20$ °С, -- столь малый разогрев материала при задании памяти формы не имеет аналогов, и это преимущество трудно переоценить, так как появляется возможность обрабатывать композиционные конструкции из сплавов TiNi, помещенных в полимерную оболочку, которая не выдерживает температур, превышающих 100 °С. Кроме того, в результате использования предлагаемого способа обработки в материале увеличивается ресурс обратимой деформации при реализации эффекта памяти формы, — формовосстановление в образцах после ультразвукового воздействия на $\sim 15-20$ % больше, чем в образцах после термообработки.

Источники информации:

1. Ооцука, К. Сплавы с эффектом памяти формы /, К. Сумидзу, Ю. Судзуки [и др.]; под ред. Х. Фунакубо / пер. с японск. И.И. Дружинина. – М.: Металлургия, 1990. – С. 158-162.
2. Ооцука, К. Сплавы с эффектом памяти формы /, К. Сумидзу, Ю. Судзуки [и др.]; под ред. Х. Фунакубо / пер. с японск. И.И. Дружинина. – М.: Металлургия, 1990. – С. 162.
3. Рубаник, В.В. (мл.) Инициирование эффекта памяти формы в сплавах TiNi под действием ультразвуковых колебаний : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.04.07 / В.В. Рубаник (мл.). – Минск, 2005.
4. Милюкина, С. Н. Динамика ультразвукового нагрева TiNi сплавов с эффектом памяти формы / С. Н. Милюкина, А. В. Шадурский,

В. В. Рубаник, В. В. Рубаник мл. // Международный симпозиум «Перспективные материалы и технологии», 27-29 мая 2015 г., Витебск, Беларусь: материалы конференции / УО «ВГТУ» – Витебск, 2015. – С. 323-325.

Формула изобретения

1. Способ задания памяти формы, включающий формоизменение конструкции в мартенситной фазе, заневоливание и последующий нагрев в заневоленном состоянии, **отличающийся** тем, что нагрев осуществляется до температуры A_{κ}^{σ} с последующим охлаждением ниже M_{κ}^{σ} .

2. Способ задания памяти формы по п.1, **отличающийся** тем, что нагрев до температуры A_{κ}^{σ} осуществляют за счет возбуждения в заневоленном материале ультразвуковых колебаний.

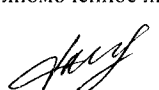
Где A_{κ}^{σ} — температура окончания обратного мартенситного превращения под нагрузкой, а M_{κ}^{σ} — температура окончания прямого мартенситного превращения под нагрузкой.

ЕВРАЗИЙСКОЕ ПАТЕНТНОЕ ВЕДОМСТВО

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ
ПОИСКЕ(статья 15(3) ЕАПК и правило 42
Патентной инструкции к ЕАПК)

Номер евразийской заявки:

201501124

Дата подачи 09 октября 2015 (09.10.2015)		Дата испрашиваемого приоритета:
Название изобретения: Способ задания памяти формы изделиям из сплава TiNi		
Заявитель: ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ" (ГНУ "ИТА НАН БЕЛАРУСИ")		
☐ Некоторые пункты формулы не подлежат поиску (см. раздел I дополнительного листа) ☐ Единство изобретения не соблюдено (см. раздел II дополнительного листа)		
А. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРЕДМЕТА ИЗОБРЕТЕНИЯ: C22F 1/00 (2006.01) C22F 1/10 (2006.01) C21D 1/04 (2006.01) C22F 3/00 (2006.01)		
Согласно Международной патентной классификации (МПК) или национальной классификации и МПК		
Б. ОБЛАСТЬ ПОИСКА:		
Минимум просмотренной документации (система классификации и индексы МПК) C22F 1/00, 1/10, 1/16, 3/00, C21D 1/00, 1/04		
Другая проверенная документация в той мере, в какой она включена в область поиска:		
В. ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ		
Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	ВУ 4065 С1 (ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ) 30.09.2001, с. 2, строки 18-53, табл., фиг. 2	1, 2
X	ВУ 14169 С1 (ГОСУДАРСТВЕННОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ "ИНСТИТУТ ТЕХНИЧЕСКОЙ АКУСТИКИ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК БЕЛАРУСИ") 30.10.2010, формула, с. 2-3, примеры 2, 3	1, 2
X	РУБАНИК В.В. и др. Влияние ультразвуковой обработки на эффект памяти формы в сплавах TiNi. Шестая Международная Конференция "Фазовые превращения и прочность кристаллов", 16-19 ноября 2010, Черногловка, с. 124	1, 2
X	RU 2372417 С2 (ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ и др.) 10.11.2009, формула, с. 3, строки 46-53 - с. 4, строки 1-53, с. 7, строки 25-26	1
☒ последующие документы указаны в продолжении графы В ☐ данные о патентах-аналогах указаны в приложении		
* Особые категории ссылочных документов: "А" документ, определяющий общий уровень техники "Е" более ранний документ, но опубликованный на дату подачи евразийской заявки или после нее "О" документ, относящийся к четному раскрытию, экспонированию и т.д. "Р" документ, опубликованный до даты подачи евразийской заявки, но после даты испрашиваемого приоритета "D" документ, приведенный в евразийской заявке		
"Т" более поздний документ, опубликованный после даты приоритета и приведенный для понимания изобретения "Х" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий новизну или изобретательский уровень, взятый в отдельности "У" документ, имеющий наиболее близкое отношение к предмету поиска, порочащий изобретательский уровень в сочетании с другими документами той же категории "&" документ, являющийся патентом-аналогом "L" документ, приведенный в других целях		
Дата действительного завершения патентного поиска:		10 мая 2016 (10.05.2016)
Наименование и адрес Международного поискового органа: Федеральный институт промышленной собственности РФ, 125993, Москва, Г-59, ГСП-3, Бережковская наб., д. 30-Г. Факс: (499) 243-3337, телетайп: 114818 ПОДАЧА		Уполномоченное лицо:  О.С. Стельмах Телефон № (495) 531-6481

ОТЧЕТ О ПАТЕНТНОМ ПОИСКЕ

Номер евразийской заявки:

201501124

ДОКУМЕНТЫ, СЧИТАЮЩИЕСЯ РЕЛЕВАНТНЫМИ (продолжение графы В)

Категория*	Ссылки на документы с указанием, где это возможно, релевантных частей	Относится к пункту №
X	КРАХИН О.И. и др. Сплавы с памятью. Технология и применение. Старый Оскол "ТНТ" 2011, с. 87-91, рис. 2.6, 2.7	1