



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

для служебного пользования экз № 000000

(19) **SU** (11) **1547351** **A1**

(51) 5 с 22 с 38/14

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ
ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ
ПРИ ГНТ СССР

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

И АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4358668/31-02

(22) 11.12.87

(71) Институт металлофизики АН УССР

(72) В.В.Кокорин и В.А.Черненко

(53) 669.14.018.58 (088,8)

(56) Авторское свидетельство СССР

№ 1078948, кл. С 22 с 22/00, 1982,

Авторское свидетельство СССР

№ 1352975, кл. С 22 с 38/14, 1986.

(54) СПЛАВ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА С ЭФФЕКТОМ ПАМЯТИ ФОРМЫ

(57) Изобретение относится к металлургии, в частности к сплавам на основе железа, обладающих эффектом памяти формы (ЭПФ), которые могут использоваться в качестве рабочих и исполнительных элементов устройств, применяемых в криогенной технике, например, терморегуляторов. Цель изобретения - повышение эффективности терморегулирования путем сокращения температурного интервала формоизменения. Предложен сплав на основе железа с эффектом памяти формы, содержащий никель, кобальт, титан и алюминий при следующем соотношении компо-

2

нентов, мас.%, Ni 30-30,5; Co 17-19; Ti 5-6; Al 1-2; Fe - остальное. Отличительной особенностью предлагаемого сплава является соотношение компонентов и дополнительное содержание алюминия. Указанные особенности позволяют при обратном превращении генерировать самый высокий из всех известных сплавов с ЭПФ уровень реактивных напряжений и выполнять при этом значительную работу. При этом температурный гистерезис сужается на 50%, а температурный интервал изменения формы при прямом и обратном превращениях - в 1,5 раза по сравнению с известным сплавом. Указанные преимущества позволяют широко использовать сплав в области криогенных температур, в терморегулирующих устройствах, в которых необходимо создавать значительные усилия, например, для открытия и запираания канала с хладагентом в микрохолодильниках. Свойства сплава стабильны при термоциклировании, сплав технологичен в изготовлении. 2 табл.

Изобретение относится к металлургии, в частности к сплавам на основе железа, обладающих эффектом памяти формы (ЭПФ), которые могут быть использованы в качестве рабочих и исполнительных элементов устройств, применяемых в криогенной технике, например, терморегуляторов.

Цель изобретения - повышение эффективности терморегулирования путем

сокращения температурного интервала изменения формы.

Это достигается тем, что сплав на основе железа, содержащий никель, кобальт и титан, дополнительно содержит алюминий при следующем соотношении компонентов, мас.%,

| | |
|---------|---------|
| Никель | 30-30,5 |
| Кобальт | 17-19 |
| Титан | 5-6 |

РПФ

№ **SU** (11) **1547351** **A1**

Алюминий
Железо

1-2
Остальное

Для приготовления сплавов используют следующие шихтовые компоненты: железо карбонильное ОСЧ, никель электролитический, кобальт К-1, титан иодидный, алюминий марки А-999. Для снятия окисной пленки никеля и кобальта производили травление их поверхности.

Сплавы выплавляют в индукционной печи, в атмосфере инертного газа с разливом в медную изложницу. Прокатывают в прутки, гомогенизируют при 1100-1150°C в течение 10 ч, вырезают пластины-образцы. Пластины закалывают от 1150°C в 10-ном растворе КОН и проводят изотермическую выдержку при 650°C в течение 10-30 мин. Образец упруго нагружают при комнатной температуре. Вес груза для каждого образца подбирают таким образом, чтобы величина максимального растягивающего напряжения, действующего на внешний растянутый слой нагруженной пластины, была равна 650 МПа. Затем производят охлаждение и нагрев нагруженного образца. В интервале температур M_K-M_K прямого мартенситного превращения образец прогибается. После нагрева через температурный интервал A_K-A_K образец вместе с грузом выпрямляют.

Результаты измерений температуры начала мартенситного превращения M_K , температурного гистерезиса ΔT и температурных интервалов изменения формы при прямом ΔT_1 и обратном ΔT_2 превращениях приведены в табл. 1, в зависимости от химического состава сплава.

Как следует из табл. 1, в сплавах 1-4 температурный гистерезис превращения в среднем на 10 К, а температурный интервал изменения формы при прямом и обратном мартенситных превращениях в среднем на 45 К, более узкие по сравнению со сплавами 5-9. Поэтому оптимальный состав сплава, как видно из табл. 1, должен быть следующим, мас. %: Ni 30-30,5; Co 17-19; Ti 5-6; Al 1-2.

В табл. 2 приведено сравнение рабочих параметров предлагаемого и известных сплавов с ЭПФ. Здесь, кроме перечисленных выше параметров, представлены значения коэффициента термочувствительности $K_{T\phi}$, обратной деформации $\epsilon_{неупр}$ и предела текучести $\sigma_{0,2}$. Одним из главных преимуществ предлагаемого сплава по сравнению с известным является его способность при обратном превращении генерировать самый высокий из всех известных сплавов с памятью уровень реактивных напряжений (≈ 100 кг/мм²) и выполнять при этом значительную работу. Известный сплав благодаря низкому пределу текучести (см. табл. 2) не способен выполнять сколь-нибудь существенную работу. Указанное отличие предопределяет разные области применения сплавов. Предлагаемый сплав можно использовать в терморегулирующих устройствах, где необходимо создавать усилия, например, для открытия и запираания канала с хладагентом в микрохолодильниках.

В предлагаемом сплаве за счет повышения концентрации никеля, снижения содержания кобальта, титана, а также благодаря добавке алюминия, температурный гистерезис превращения сужается на 50%, а температурный интервал изменения формы при прямом и обратном мартенситном превращениях - в 1,5 раза по сравнению с известным. Это позволяет использовать его широко в криогенной области температур.

Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Сплав на основе железа с эффектом памяти формы, содержащий никель, кобальт, титан и железо, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности терморегулирования путем сокращения температурного интервала изменения формы, он дополнительно содержит алюминий при следующем соотношении компонентов, мас. %:

| | |
|----------|-----------|
| Никель | 30-30,5 |
| Кобальт | 17-19 |
| Титан | 5-6 |
| Алюминий | 1-2 |
| Железо | Остальное |

Т а б л и ц а 1

| Сплав | Содержание компонентов, мас.% | | | | | M_H, K | $\Delta T, K$ | Температурный интервал изменения формы при $\gamma \rightarrow \alpha$ переходе | |
|----------------|-------------------------------|----|-----|-----|----------------|----------|---------------|---|-----------------|
| | Ni | Co | Ti | Al | Fe | | | $\Delta T_1, K$ | $\Delta T_2, K$ |
| | | | | | | | | | |
| 1 | 30 | 18 | 5 | 1,6 | Осталь- ное | 145 | 20 | 48 | 50 |
| 2 | 30,5 | 19 | 5,5 | 1,4 | То же | 140 | 20 | 50 | 53 |
| 3 | 30 | 17 | 6 | 1 | - " - | 160 | 24 | 54 | 54 |
| 4 | 30,5 | 19 | 5 | 2 | - " - | 135 | 21 | 55 | 60 |
| 5 | 31 | 16 | 4 | - | - " - | 130 | 33 | 95 | 120 |
| 6 | 30 | 20 | 4 | 0,5 | - " - | 150 | 30 | 102 | 110 |
| 7 | 29 | 17 | 6,5 | 3 | - " - | 200 | 40 | 105 | 120 |
| 8 | 31 | 20 | 7 | - | - " - | 155 | 32 | 74 | 80 |
| 9 | 30 | 17 | 5 | - | - " - | 130 | 30 | 90 | 102 |
| Изве- стный | 29 | 20 | 6,5 | - | - " - | 120 | 30 | 77 | 88 |

Т а б л и ц а 2

| Сплав | Состав сплава | $K_{T_0} \cdot 10^{-2},$ %/K | $\epsilon_{деупр}, \%$ | M_H, K | $\Delta T, K$ | $\Delta T_1, K$ | $\Delta T_2, K$ | $G_{0,2},$ кг/мол |
|------------------------|--|---------------------------------|------------------------|----------|---------------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Пред- лагае- мый | Fe; 30,5 Ni; 19 Co; 5,5 Ti; 1,4 Al, мас.% | 4 | 2,1 | 140 | 20 | 50 | 53 | 103 |
| Изве- стный | Fe; 29 Ni; 20 Co; 6,5 Ti мас.% | 3 | 1,7 | 120 | 30 | 77 | 88 | 98 |
| То же | Mn; 25 Cu, ат.% | 0,5 | 0,42 | 388 | 3 | 130 | 130 | 30 |
| - " | Mn; 7 Cu; 3 Cr, мас.% | - | 2,48 | - | - | - | - | - |

Редактор Т.Горячева Составитель В.Садчиков Техред А.Кравчук Корректор В.Кабаций

Заказ 388/ДСП Тираж 289 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул. Гагарина, 101

