



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **57867** (13) **U**  
(51) МПК (2011.01)  
**C22C 45/00**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ

## ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під  
відповідальність  
власника  
патенту

**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВИРОБІВ ІЗ ОБ'ЄМНОАМОРФНИХ СПЛАВІВ НА ОСНОВІ ЦИРКОНІЮ**

1

2

(21) u201011656

(22) 30.09.2010

(24) 10.03.2011

(46) 10.03.2011, Бюл.№ 5, 2011 р.

(72) ЩЕРЕЦЬКИЙ ОЛЕКСАНДР АНАТОЛІЙОВИЧ,  
ШУМІХІН ВОЛОДИМИР СЕРГІЙОВИЧ, ЛАХНЕНКО  
ВОЛОДИМИР ЛЕОНІДОВИЧ, ВЕРХОВЛЮК АНА-  
ТОЛІЙ МИХАЙЛОВИЧ, РАЗДОБАРІН ІВАН ГРИ-  
ГОРОВИЧ

(73) ФІЗИКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ІНСТИТУТ МЕТА-  
ЛІВ ТА СПЛАВІВ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК  
УКРАЇНИ

**(57)** Спосіб підвищення фізико-механічних властивостей виробів із об'ємноаморфних сплавів на основі цирконію, що включає одержання аморфних литих зразків та їх термічну обробку, який **відрізняється** тим, що в аморфній матриці отримують 40÷60 % об'ємної частки нанокристалічних фаз шляхом нагрівання зразків до температури вище на 1÷20 К початку кристалізації даного сплаву, витримують при цій температурі 1÷5 хвилин і охолоджують у воді.

Корисна модель відноситься до матеріалознавства сплавів, зокрема до способів одержання аморфних сплавів на основі цирконію.

Відомий спосіб підвищення фізико-механічних властивостей в зразках із аморфних сплавів на основі цирконію (S. N. Wang, P. H. Kuo, H. T. Tsang, R. R. Ieng, Y. L. Lin.

The influence of Sc addition on the welding microstructure of Zr-based bulk metallic glass: the stability of the amorphous phase// Applied physics letters. -2007.-91.-171902).

Наведено, що легування аморфних сплавів на основі цирконію скандієм, танталом, берилієм та іншими елементами сприяє підвищенню фізико-механічних властивостей сплавів. Проте, легування цими металами ускладнює технологію одержання аморфних сплавів.

Найближчим аналогом є публікація: L. Q. Xing, I. Eckert, W. Loser, L. Shultz. High - strength materials produced by precipitation of icosahedral quasicrystals in bulk Zr-Ti-Cu-Ni-Al amorphous alloys // Appl. Phys. Lett. - 1999.- Vol. 74.- No. 5.- P. 664-666.

Для підвищення механічних властивостей за відомим способом аморфні сплави на основі цирконію піддають термічній обробці шляхом нагрівання їх до температури 673 К та витримання при цій температурі різний час. В такий спосіб збільшують межу міцності і твердості сплаву на 8 -12 %.

Такий метод має вузьку сферу застосування, оскільки залежно від складу аморфні сплави на основі цирконію мають різний та відносно широкий температурний інтервал кристалізації. Тому нагрівання до 673 К з витриманням при цій температурі не враховує відмінності температур фазових переходів в сплавах.

Механічні властивості подібних по складу аморфних сплавів неістотно залежать від способу їх одержання за умови близьких швидкостей охолодження.

Термічна обробка аморфних сплавів в області температурного інтервалу їх кристалізації приводить до виділення наноструктурних фаз в сплаві, що сприяє підвищенню фізико-механічних властивостей.

Для аморфних сплавів температура кристалізації не є постійною термодинамічною величиною, як наприклад температура плавлення; вона істотно залежить від швидкості нагріву, зміщуючись із збільшенням швидкості нагріву в область вищих температур.

Задача корисної моделі - підвищення фізико-механічних властивостей виробів із об'ємно аморфних сплавів на основі цирконію.

Поставлену задачу досягають тим, що в способі підвищення фізико-механічних властивостей виробів із об'ємноаморфних сплавів на основі цирконію, згідно корисної моделі, в матриці сплаву

(13) **U**

(11) **57867**

(19) **UA**

формують 40÷60 % об'ємної долі нанокристалічних фаз шляхом нагрівання аморфного сплаву до температури вище на 1÷20 К початку кристалізації даного сплаву, витримують при цій температурі 1÷5 хвилин і охолоджують в воді.

Суть способу полягає в тому, що в процесі нагрівання аморфного сплаву до певної температури у ньому утворюються кристалічні фази. Цей процес має дифузійний характер, тому залежно від температури нагрівання сплаву і часу витримання можливо регулювати фазовий склад та долю цих фаз в матриці аморфного сплаву, що оказує істотний вплив на фізико-механічні властивості.

Максимальне значення міцності та твердості аморфного сплаву досягається при долі нанокристалічної фази у ньому в об'ємі 40-60 %. Така кількість досягається при нагріванні сплаву до температури вище на 1-20 К початку його кристалізації та витриманні при цій температурі 1÷5 хвилин.

Відхилення від приведених технологічних параметрів знижує фізико-механічні властивості сплаву. Збільшення температури нагрівання та

часу приводить до значного збільшення долі нанокристалічних фаз в аморфній матриці і, як наслідок, до зниження фізико-механічних властивостей.

Приклад. Реалізацію корисної моделі здійснювали стосовно сплаву  $Zr_{62,9}Cu_{17,7}Ni_{9,7}Al_{7,5}Ti_{2,2}$ . Аморфні зразки діаметром 3 мм і заввишки 6 мм нагрівали в інертній атмосфері із швидкістю 20 К/хвил. до різних температур, але нижче за температури кристалізації, після чого витримували їх різний час і швидко охолоджували в воді.

Долю кристалічних фаз в зразках визначали методом диференціально-скануючої калориметрії на термоаналізаторі «NETZSCH» (Німеччина). Після цього зразки розрізали і використовували для вивчення структури і фізико-механічних властивостей. Результати представлені в таблиці.

Таким чином, встановлено, що запропонований спосіб значно підвищує фізико-механічні властивості  $\sigma_b$  з 1560 до 2080 МПа; HV з 765 до 1389 МПа.

Таблиця

Фізико-механічні властивості сплаву  $Zr_{62,9}Cu_{17,7}Ni_{9,7}Al_{7,5}Ti_{2,2}$  після термообробки (нагрівання та витримання 1 хвилину)\*

Спосіб одержання	Температура нагріву, К	$\sigma_b$ , МПа	HV	Об'ємна доля нанокристалічних фаз, %
Відомий	673	2390	765	нема даних
Пропонований	703	3166	1013	-
-«-»	723	4341	1389	40
-«-»	773	3441	1101	50
-«-»	695	2451	850	-
-«-»	780	2520	970	80

\* Температурний інтервал кристалізації сплаву знаходиться в межах 704÷776 К.