



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **64022** (13) **U**
(51) МПК (2011.01)
C22B 34/00ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**ОПИС**
ДО ПАТЕНТУ
НА КОРИСНУ МОДЕЛЬвидається під
відповідальність
власника
патенту**(54) СПОСІБ ПІДВИЩЕННЯ ПЛАСТИЧНОСТІ КРИХКИХ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛІВ**

1

2

(21) u201104269

(22) 07.04.2011

(24) 25.10.2011

(46) 25.10.2011, Бюл.№ 20, 2011 р.

(72) ЛОБОДЮК ВАЛЕНТИН АНДРІЙОВИЧ, ЛИТ-
ВИНЕНКО ЮРІЙ МИХАЙЛОВИЧ(73) ІНСТИТУТ МЕТАЛОФІЗИКИ ІМ. Г.В. КУРДЮ-
МОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ

(57) Спосіб підвищення пластичності крихких тугоплавких металів, наприклад W, Mo, Cr, та їх сплавів шляхом легування, який **відрізняється** тим, що як легуючий елемент в розплавлений метал вводять малорозчинні метали, наприклад Co, в яких відбувається мартенситне перетворення при охолодженні та/або при деформуванні, в кількості 3-6 мас. %.

Корисна модель належить до металургії, зокрема одержання тугоплавких металів з певними властивостями, і може бути використана для підвищення пластичності крихких тугоплавких металів.

Тугоплавкі метали, наприклад W, Mo, Cr та сплави на їх основі з об'ємноцентрованою кубічною ґраткою знаходять широке використання як конструкційні матеріали в різних галузях техніки і при різних, як високих, так і низьких температурах. Значним недоліком таких матеріалів є їх досить висока крихкість та низька пластичність, особливо при температурах нижче 0 °С.

Відомо декілька способів підвищення пластичності та зменшення крихкості металів W, Mo, Cr та їх сплавів.

За рахунок очистки, наприклад, Cr від домішок, впровадження при плавці за рахунок розкислення, денітрування або шляхом спеціального легування такими активними елементами, як Ti, Zr, Ta (в кількості 0,1-1,0 ат. %), що легко утворюють нітридні та карбідні сполуки значно зменшується сегрегація домішок із елементами впровадження на границях зерен (див., наприклад: Filippi A.M. Phase stability and mechanical properties of carbide and boride strengthened chromium-base alloys. Metals Transactions, 1972, V. 3, №8, P. 1727-1733).

Недоліками такого способу є зростання міцності за рахунок дисперсійного твердіння та крихкості одночасно з підвищенням пластичності та подорожчанням виготовлення сплавів та виробів із них внаслідок використання додаткових елементів для легування та ускладнення виплавки таких сплавів.

Шляхом зменшення розмірів зерен та створення за рахунок проведення спеціальної деформації особливих дислокаційних (комірчастих) структур, наприклад в Cr (див., наприклад: Ивашенко Р.К., Манилов В.А., Мильман Ю.В., Трефилов В.И., Фирстов С.А. Роль ячеистой структуры в формировании механических свойств хрома. Физика металлов и металловедение, 1969. - Т. 28, №6, С. 1070-1076).

Недоліком способу є необхідність додаткової деформації, причому в температурній області, де спостерігається підвищена крихкість, та наступного відпалу для отримання малих зерен за рахунок початкових стадій рекристалізації, а для створення комірчастих структур необхідна спеціальна деформація заданої величини. Таким чином, проводяться додаткові обробки, що в результаті неістотно покращують загальну пластичність. До недоліків також належить і значне підвищення ціни матеріалів внаслідок проведення таких досить складних обробок після виготовлення злитків.

Відомий спосіб отримання в матриці основного металу дисперсних частинок іншого матеріалу, наприклад карбідних виділень того ж металу. Так, при кристалізації сплаву Ti з вуглецем відбувається утворення дисперсних виділень карбіду титану у всьому об'ємі β-титану (див.: Takahashi Takahashi; Wataru (Nishinomiya, JP), Sugimoto; Yoshihito (Takarazuka, JP), Nakanishi; Mutsuo (Kobe, JP), Shida; Yoshiaki (Ikoma, JP), Okada; Minoru (Nara, JP) et al. August 25, 1992. Process of forming dispersions in titanium alloys by melting and precipitation. United States Patent 5,141,574).

Недоліком способу є те, що він пропонується для конкретного матеріалу і виділення утворюють-

(19) **UA** (11) **64022** (13) **U**

ся тільки за рахунок карбідних сполук даного металу (титану). Об'єм таких частинок, які визначають тільки міцність і знижують пластичність, не може бути високим внаслідок малої розчинності вуглецю у титані.

Найбільш близьким аналогом за технічною суттю та результатом, що досягається, до способу, який заявляється, є спосіб підвищення пластичності крихких тугоплавких металів, наприклад W, Mo, Cr або їх сплавів, шляхом додаткового легування ренієм (від 1 до 35 ат. %) за рахунок його розчинення в розплаві W, Mo, Cr або їх сплавів та наступного охолодження до твердіння. Отримані сплави мають підвищену пластичність та знижену температуру крихкості (див. Матеріали Annual Meeting, 1997, TMS:INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RHENIUM AND RHENIUM ALLOYS: Session X: "Rhenium Effect" and Alloy Development. Sponsored by: SMD Refractory Metals Committee and MDMD Powder Materials Committee. Program Organizer: Dr.Boris D.Bryskin, R&D Manager, Rhenium Alloys, Inc., P.O. Box 245, Elyria, OH 44036).

Недоліком способу є експериментально встановлене зниження міцності сплавів та значне підвищення вартості їх виготовлення при використанні такого дорогоцінного та малопоширеного елемента, як реній.

В основу корисної моделі поставлена задача отримання підвищеної пластичності крихких металів W, Mo, Cr та деяких сплавів на їх основі шляхом легування кобальтом, в якому нижче температури 427 °C відбувається мартенситне перетворення як при охолодженні, так і за рахунок прикладення зовнішніх напружень чи появи внутрішніх. В процесі деформації матеріалу релаксація напружень, які виникають при навантаженні і які можуть призвести до крихкості та руйнування, відбувається за рахунок мартенситного перетворення в частинках кобальту, які виділилися при гартуванні сплаву від високих температур, що запобігає крихкості вказаних металів.

Поставлена задача вирішується тим, що в відомому способі підвищення пластичності крихких тугоплавких металів, наприклад W, Mo, Cr та їх сплавів, шляхом їх легування, згідно з корисною моделлю, як легуючий елемент в розплавлений метал вводять малорозчинні елементи, наприклад Co, в яких відбувається мартенситне перетворення при охолодженні та/або при деформуванні, в кількості 3-6 мас. %.

Малорозчинні елементи, наприклад Co, вводять в розплав крихких тугоплавких металів W, Mo, Cr та їх сплавів, в кількості 3-6 мас. %.

Розчинність Co, наприклад, в W та Mo, при температурах нижче 1000 °C складає менше 1 ат. % (в Cr дещо вища). При охолодженні розплаву металу з кобальтом утворюються частинки Co, розміром 20-50 мкм, розподілені рівномірно по об'єму. Розмір утворюваних частинок залежить від швидкості охолодження розплаву. В цих частинках при охолодженні та/або при деформації основного матеріалу протікає мартенситне перетворення, що сприяє релаксації надлишкових напружень, які могли б призвести до руйнування основного матеріалу. При деформації таких сплавів (Me-Co, де Me=W, Mo, Cr) за рахунок мартенситного перетворення в частинках Co протікає релаксація надлишкових напружень, що виникають в об'ємі основного матеріалу (W, Mo, Cr) і які могли б призвести до його руйнування. В результаті легування спостерігається підвищення пластичності вказаних крихких тугоплавких металів на 15 %.

Експериментально встановлено, що введення в розплав тугоплавких металів, наприклад W, Mo, Cr та їх сплавів, кобальту в кількості менше 3 мас. % не призводить до повної релаксації виникаючих при навантаженні напружень внаслідок недостатньої кількості виділень Co, а при вмісті кобальту більше 6 мас. % збільшується кількість виділень та їх розмір і протікає одночасна деформація основного металу та виділень кобальту, що зменшує ефект підвищення пластичності W, Mo, Cr та їх сплавів, окрім того зменшується жароміцність.

Приклад здійснення корисної моделі.

Виплавили злитки W та сплаву W-5 мас. % Co вагою по 20 г. В сплаві W-5 мас. % Co при охолодженні до 20 °C виділилися частинки Co розміром 30-40 мкм. Проведена деформація стиском на 10 % зразків із W та сплаву W-5 мас. % Co при температурі 20 °C. Після деформації зразків W на поверхні спостерігалися тріщини. Зразки сплаву W-5 мас. % Co при такій деформації залишалися без ознак руйнування за рахунок того, що деформація на 10 % викликає додаткове утворення в частинках Co, що виділилися при охолодженні від високих температур, нових мартенситних пластин (ϵ' -фаза). Цей процес запобігає руйнуванню при деформації за рахунок релаксації надлишкових напружень при утворенні додаткових об'ємів мартенситної ϵ' -фази.