

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **036016**

(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2020.09.14

(21) Номер заявки
201792138

(22) Дата подачи заявки
2016.04.27

(51) Int. Cl. **C22C 27/04** (2006.01)
C22C 45/00 (2006.01)
C22C 47/14 (2006.01)

(54) СПЛАВ МОЛИБДЕН-КРЕМНИЙ-БОР И СПОСОБ ЕГО ПОЛУЧЕНИЯ, А ТАКЖЕ ДЕТАЛЬ

(31) **10 2015 209 583.5**

(32) **2015.05.26**

(33) **DE**

(43) **2018.04.30**

(86) **PCT/EP2016/059342**

(87) **WO 2016/188696 2016.12.01**

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ
(DE)**

(72) Изобретатель:
Отт Михаэль, Пигерт Себастьян (DE)

(74) Представитель:
Медведев В.Н. (RU)

(56) WANG ET AL: "Microstructure and oxidation resistance of laser-remelted Mo-Si-B alloy", SCRIPTA MATERIALIA, ELSEVIER, AMSTERDAM, NL, vol. 56, no. 9, 26 February 2007 (2007-02-26), pages 737-740, XP005905543, ISSN: 1359-6462, DOI: 10.1016/J.SCRIPTAMAT.2007.01.025 figures 1, 2

KRA 1/4 GER M. ET AL: "Influence of processing on the microstructure and mechanical behaviour of Mo-Si-B alloys", JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES, INSTITUTE OF PHYSICS PUBLISHING, BRISTOL, GB, vol. 240, no. 1, 9 August 2010 (2010-08-09), page 12087, XP020195090, ISSN: 1742-6596, DOI: 10.1088/1742-6596/240/1/012087, figures 1, 2

GORR B. ET AL: "High-temperature oxidation behavior of Mo-Si-B-based and Co-Re", INTERMETALLICS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V, GB, vol. 48, 31 October 2013 (2013-10-31), pages 34-43, XP028668032, ISSN: 0966-9795, DOI: 10.1016/J.INTERMET.2013.10.008 Experimental

PASWAN S. ET AL: "Isothermal oxidation behaviour of Mo-Si-B and Mo-Si-B-Al alloys in the temperature range of 400-800°C", MATERIALS SCIENCE AND ENGINEERING A: STRUCTURAL MATERIALS: PROPERTIES, MICROSTRUCTURES AND PROCESSING, ELSEVIER BV, NL, vol. 424, no. 1-2, 25 May 2006 (2006-05-25), pages 251-265, XP027952589, ISSN: 0921-5093 [retrieved on 2006-05-25] Experimental Procedure

HASEMANN G. ET AL: "Microstructure and creep properties of a near-eutectic directionally solidified multiphase Mo-Si", INTERMETALLICS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V, GB, vol. 48, 9 December 2013 (2013-12-09), pages 28-33, XP028668038, ISSN: 0966-9795, DOI: 10.1016/J.INTERMET.2013.11.022 Experimental Procedure

(57) С применением специального сплава молибден-кремний-бор и определенного способа изготовления, в котором используют порошок, могут быть сформированы детали с определенной волоконно-матричной структурой, которые используются для высокотемпературных применений и могут быть изготовлены экономичным путем.

B1

036016

036016 B1

Изобретение относится к специальному сплаву молибден-кремний-бор, способу получения и детали.

Сплавы Mo-(x)Si-(y)B предоставляют потенциальную возможность изготовления подверженных воздействию горячих газов деталей для газовой турбины, выходящих за интервал применения классических жаропрочных сплавов на основе никеля. Эти сплавы дают интервал применения до температур горячих газов вплоть до 1973К, а с покрытием - до 2073К. Тем самым возможно расширение сферы применения на величину до 300К с соответствующим повышением эффективности по сравнению с используемыми до сих пор сплавами.

Обработка этих сплавов может проводиться, с одной стороны, по технологии порошковой металлургии, а с другой стороны, с помощью зонной плавки. Как раз зонная плавка благодаря регулируемым температурным градиентам приводит к образованию волоконно-матричной структуры, которая привлекательна своими выдающимися свойствами ползучести при температурах свыше 1273К.

Однако оба способа позволяют формировать только простые опытные образцы, так что потенциал этих сплавов в настоящее время может быть не исчерпан.

Поэтому задачей изобретения является решение вышеуказанной проблемы.

Задача решается посредством сплава по п.1 формулы изобретения, способа по п.3 формулы изобретения и детали по п.5 формулы изобретения.

Предлагается новый сплав Mo-Si-B , обрабатываемый посредством процесса аддитивного производства (АП), такого как селективное лазерное плавление (СЛП). Кроме того, обработка энергетическим пучком, таким как лазерный пучок, в сочетании с условиями теплоотвода в порошковом слое позволяет создавать градиент теплопроводности, который, в свою очередь, благоприятен для возможно желательного формирования волоконно-матричной структуры, в которой имеются отдельные фазы в виде структуры $\text{Mo}_{ss}/\text{Mo}_5\text{SiB}_2/\text{Mo}_3\text{Si}$.

При этом необязательное легирование цирконием (Zr) (0,5-2 ат.%) приводит к благоприятному повышению вязкости разрушения сплава или, соответственно, детали.

Кроме того, процесс АП по сравнению с процессом порошковой металлургии обеспечивает то преимущество, что заготовка в наибольшей степени оберегается от воздействия кислорода. Это оказывает позитивное влияние на свойства материала.

Технологические параметры способа изготовления с помощью процесса АП предпочтительно являются следующими:

Сплав: Mo-(x)Si-(y)B , причем

$x = 3-19$ ат.% и $y = 1-13$ ат.%,

предпочтительно $x = 13-18$ ат.% и $y = 8-12$ ат.%,

необязательная добавка циркония (Zr) $z = 0,5-2$ ат.%,

предпочтительно $z=1$ ат.%,

размер частиц: 10-60 мкм, получены либо распылением газом, либо размалыванием,

в качестве возможного технологического диапазона:

скорость сканирования: от 400 до 2000 мм/с,

предпочтительно от 1000 до 1500 мм/с,

мощность лазера: от 80 до 250 Вт,

предпочтительно от 100 до 170 Вт.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Сплав молибден-кремний-бор-цирконий, имеющий состав $\text{Mo-(x)Si-(y)B-(z)Zr}$, причем

$x =$ от 13 до 18 ат.%,

$y =$ от 8 до 12 ат.% и

$z =$ от 0,5 до 2 ат.%.
2. Способ изготовления детали из молибдена-кремния-бора-циркония из сплава по п.1 посредством

процесса аддитивного производства, согласно которому порошок сплава наносят на подложку послойно и селективно уплотняют с помощью энергетического пучка.

3. Способ по п.2, в котором энергетический пучок является лазерным пучком.

4. Способ по п.2 или 3, в котором по меньшей мере 80% указанного порошка имеет размеры частиц в диапазоне от 10 до 60 мкм, причем порошок получен распылением газом либо размалыванием, а скорость сканирования между подложкой и энергетическим пучком составляет от 400 до 2000 мм/с.

5. Способ по любому из пп.2-4, в котором указанный порошок имеет размеры частиц в диапазоне от 10 до 60 мкм.

6. Способ по любому из пп.2-5, в котором скорость сканирования между подложкой и энергетическим пучком составляет от 1000 до 1500 мм/с.

7. Способ по любому из пп.2-6, в котором мощность энергетического пучка составляет от 80 до 250 Вт.

8. Способ по любому из пп.2-7, в котором мощность энергетического пучка составляет от 100 до 170 Вт.

9. Деталь, выполненная из сплава по п.1.
10. Деталь по п.9, изготовленная способом по любому из пп.2-8.
11. Деталь по п.9 или 10, которая содержит сплав борида молибдена-кремния с волокно-матричной структурой.
12. Деталь по любому из пп.9-11, которая содержит фазы $\text{Mo}_{ss}/\text{Mo}_5\text{SiB}_2/\text{Mo}_3\text{Si}$.

