

(19)



Евразийское
патентное
ведомство

(11) 020469

(13) B1

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2014.11.28

(51) Int. Cl. **C22C 14/00** (2006.01)
C22F 1/18 (2006.01)

(21) Номер заявки
201101687

(22) Дата подачи заявки
2010.06.08

(54) СОСТАВ ТИТАНОВОГО СПЛАВА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННЫХ
ДЕТАЛЕЙ, В ЧАСТНОСТИ, ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

(31) 09 02754

(56) EP-A1-1114876

(32) 2009.06.08

EP-A1-1302554

(33) FR

EP-A1-1302555

(43) 2012.05.30

RU-C1-2122040

(86) PCT/EP2010/058038

(87) WO 2010/142701 2010.12.16

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
МЕССЬЕ-БЮГАТТИ-ДОВТИ (FR)

(72) Изобретатель:
**Соньянк Франсис, Де Монико Жан-
Мишель (FR)**

(74) Представитель:
Воль О.И. (RU)

(57) Титановый сплав, содержащий по меньшей мере 4 мас.% алюминия и по меньшей мере 0,1 мас.% кислорода, также включает по меньшей мере один элемент, выбранный из ванадия, молибдена, хрома и железа. Согласно изобретению титановый сплав также включает гафний до массового содержания по меньшей мере 0,1%.

B1

020469

020469
B1

Изобретение относится к новому составу титанового сплава с прекрасными механическими характеристиками для изготовления высококачественных деталей, в частности, для авиационной промышленности, таких как элементы механизма для посадки или турбинные диски.

Известный уровень техники

Известны различные типы титановых сплавов с прекрасными механическими характеристиками, которые включают значительное содержание алюминия, такие как, например, Ti 6-4 (6% алюминия и 4% ванадия), Ti 8-1-1 (8% алюминия, 1% молибдена и 1% ванадия), а также Ti 10-2-3 (10% ванадия, 2% железа и 3% алюминия), где проценты представляют массовую долю относительно общей массы. Также известны сплавы титана квази-бета типа с большим содержанием алюминия, а также кислорода. Пример такого сплава приведён в документе ЕР 1302555, который описывает титановый сплав следующего состава, выраженного в процентах от общей массы

Алюминий	4,0 - 6,0
Ванадий	4,5 - 6,0
Молибден	4,5 - 6,0
Хром	2,0 - 3,6
Железо	0,2 - 0,5
Цирконий	0,7 - 2,0
Кислород	не более 0,2
Азот	не более 0,05
Титан	остальное

Такие сплавы предназначены для горячей штамповки при температуре, которая близка к температуре $\beta \rightarrow \alpha + \beta$ полиморфного перехода, и последующей термообработки, во время которой деталь нагревают до температуры, близкой к температуре $\beta \rightarrow \alpha + \beta$ полиморфного перехода, чтобы вызвать появление бета-фазы, которая сосуществует с альфа-фазой, с последующим поэтапным охлаждением и выдержкой детали. Цель такой обработки состоит в том, чтобы получить большую часть бета-фазы в конечной детали для придания ей большой механической прочности. В этом отношении элементы, такие как ванадий, молибден, хром или железо, способствуют стабилизации бета-фазы при охлаждении детали, позволяя, таким образом, "заморозить" большую часть сплава в этой фазе.

Однако увеличение содержания бета-фазы обычно проходит в ущерб альфа-фазе (обычно представляющей 60-70% веса детали, выполненной из этого сплава), эта альфа-фаза увеличивает ударную вязкость детали. Для устранения этого недостатка в состав добавляют малую часть циркония, чтобы усилить стабилизацию альфа-фазы во время охлаждения, формированием твёрдых растворов с альфа-титаном, который в целом похож на цирконий в плане плотности и температуры плавления.

Использование такого состава и осуществление соответствующей горячей штамповки и способов термообработки (в частности, охлаждение, которое способствует получению вышеуказанного твёрдого раствора) позволяют получать твёрдые титановые детали, которые имеют предпочтительный компромисс между ударной вязкостью и механической прочностью.

Сущность изобретения

Изобретение предлагает новый состав титанового сплава, способный обеспечить улучшенные механические характеристики.

Для достижения этой цели изобретение предлагает титановый сплав, особенно подходящий для горячей штамповки при температуре, близкой к температуре $\beta \rightarrow \alpha + \beta$ полиморфного перехода, и для термообработки нагреванием до температуры, близкой к указанной температуре перехода, включающий в дополнение к титану, составляющему основную часть сплава, по меньшей мере 4 мас.% алюминия, по меньшей мере 0,1 мас.% кислорода, по меньшей мере 0,01 мас.% углерода, также включающий по меньшей мере один элемент, выбранный из ванадия, молибдена, хрома и железа. Согласно изобретению титановый сплав также включает гафний с содержанием по меньшей мере 0,1 мас.%.

Изобретатели учили, что увеличение содержания алюминия и/или кислорода по сравнению с известными составами приводит к повышению температуры $\beta \rightarrow \alpha + \beta$ полиморфного перехода, позволяя, таким образом, выполнять горячую штамповку при более высокой температуре и способствуя, таким образом, улучшению характеристик механической прочности конечной детали. Однако изобретатели полагают, что повышенное содержание алюминия и кислорода в вышеуказанных сплавах приводит к явлениям, в результате которых составляющие компоненты сплава выделяются во время охлаждения, что может сделать материал более хрупким. В частности, алюминий и кислород, по-видимому, являются причиной выделения окислительных фаз, эти фазы отрицательно влияют на конечные механические характеристики детали.

Чтобы устраниТЬ эти недостатки, изобретатели предлагают сопровождать это увеличение содержания алюминия и кислорода существенным увеличением содержания гафния, поскольку гафний имеет особенно большое сродство к кислороду и, по-видимому, облегчает выделение фаз сплава за счёт связывания с кислородом, предотвращая, таким образом, формирование окислительных фаз алюминия и титана, так что отрицательный эффект, связанный с увеличением содержания алюминия и кислорода, если не устраниен, по меньшей мере, значительно снижен.

Использование гафния имеет несколько преимуществ. В дополнение к его вышеуказанному сродству к кислороду, электронное строение гафния сопоставимо со строением циркония. Изобретатели поэтому считают, что подобно цирконию он способен улучшить стабилизацию альфа-фазы титана образованием твёрдых растворов с ним. Кроме того, гафний даёт непрерывный ряд твёрдых растворов в бета-фазе и полностью смешивается с альфа-фазой титана.

Наконец, он присутствует в следовых количествах в определённых минералах титана. Определения, выполненные на различных минералах, показывают, что содержание гафния в минерале не превышает 0,05%. В связи с этим представляется предпочтительным прекратить попытки удаления этого компонента из минерала, и напротив, обогатить минерал гафием, чтобы получить содержание, рекомендуемое в соответствии с изобретением.

Преимущественно такой сплав подвергают после горячей штамповки следующей термообработке:

нагрев до температуры в диапазоне 30-70°C ниже температуры $\beta \rightarrow \alpha + \beta$ полиморфного перехода сплава;

выдерживание при указанной температуре в течение от 2 до 5 ч;

охлаждение, предпочтительно на воздухе;

выдерживание при температуре 540-600°C в течение 8-16 ч;

охлаждение, предпочтительно на воздухе.

Осуществление изобретения

В качестве осуществления три обычных состава приведены ниже, и для каждого из них один определённый пример описан подробно. Приведённое содержание является массовым содержанием.

	Состав 1	Состав 2	Состав 3
Алюминий	4,0% - 7,5%	4,0% - 7,5%	4,0% - 7,5%
Ванадий	3,5% - 5,5%	3,5% - 5,5%	3,5% - 5,5%
Молибден	4,5% - 7,5%	4,5% - 7,5%	4,5% - 7,5%
Хром	1,8% - 3,6%	1,8% - 3,6%	1,8% - 3,6%
Железо	0,2% - 0,5%	0,2% - 0,5%	0,2% - 0,5%
Гафний	0,1% - 1,1%	0,1% - 0,7%	0,1% - 0,7%
Цирконий	- -	0,1% - 0,7%*	0,1% - 0,7%*
Кремний	- -	- -	0,05% - 0,25%
Кислород	0,1% - 0,3%	0,1% - 0,3%	0,1% - 0,3%
Углерод	0,01% - 0,2%	0,01% - 0,2%	0,01% - 0,2%
Титан	Остальное	Остальное	Остальное

* Общее массовое содержание гафния плюс циркония остаётся менее 1%.

Следующий сплав № 1 выбран в соответствии с составом № 1.

Алюминий	7,0%
Ванадий	4,5%
Молибден	6,5%
Хром	3,0%
Железо	0,4%
Гафний	0,9%
Кислород	0,3%
Углерод	0,05%
Титан	Остальное

В сплаве наблюдается высокое содержание алюминия (7% по сравнению с 5%, обычно встречающимся в известных сплавах, таких как Ti 5-5-5-3 или VT22) и высокое содержание кислорода (0,3% по сравнению с менее 0,2% в Ti 5-5-5-3). Также должно присутствовать относительно высокое массовое содержание молибдена, что обеспечивает ещё большую стабилизацию бета-фазы. Наконец, необходимо, чтобы выбранное массовое содержание гафния было приблизительно равно тройному массовому содержанию кислорода.

Следующий сплав № 2 выбран в соответствии с составом № 2.

Алюминий	7,0%
Ванадий	4,5%
Молибден	6,5%
Хром	3,0%
Железо	0,4%
Гафний	0,5%
Цирконий	0,5%
Кислород	0,3%
Углерод	0,05%
Титан	Остальное

Это усиливает эффект циркония, который в дополнение к его способности стабилизации альфа-фазы титана, по-видимому, также обладает сродством к кислороду, что является предпочтительным, так

что цирконий действует вместе с гафнием, поглощая кислород, и, таким образом, предотвращает выделения окислительных фаз алюминия и титана. Совместное присутствие этих двух элементов, по-видимому, также даёт синергетический эффект, дополнительно снижая выделение компонентов, составляющих сплав, во время охлаждения сплава.

Наконец, следующий сплав № 3 выбран в соответствии с составом № 3.

Алюминий	7,0%
Ванадий	4,5%
Молибден	6,5%
Хром	3,0%
Железо	0,4%
Гафний	0,5%
Цирконий	0,3%
Кремний	0,15%
Кислород	0,3%
Углерод	0,05%
Титан	Остальное

При условии, что кремний находится в той же группе таблицы Менделеева как цирконий или гафний, он, по-видимому, также благоприятно действует, препятствуя выделению окислительных фаз алюминия и титана.

В сплавах, взятых как примеры составов, величины приведены в пределах $\pm 10\%$ относительной величины. Например, в сплаве № 1 содержание алюминия составляет 6,3-7,7% и содержание гафния - 0,81-0,99%.

Используя эти сплавы, предложено изготавливать полуфабрикаты изделия последовательными операциями горячей штамповки в β , $\alpha+\beta$, β , $\alpha+\beta$ зонах с заключительной деформацией в $\alpha+\beta$ зоне. Продукт, прошедший горячую штамповку, затем проходит следующую термообработку:

- повышение температуры до 790°C;
- выдерживание при указанной температуре в течение 3 ч;
- охлаждение на воздухе;
- выдерживание при 560°C в течение 8 ч;
- охлаждение на воздухе.

Изобретение естественно не ограничено вышеуказанным описанием. Хотя составы и сплавы, описанные подробно, включают ванадий, молибден, хром и железо, изобретение также включает сплавы, которые содержат только некоторых из них или только один из них, с указанным содержанием или в других пропорциях. Кроме того, содержание кислорода может быть увеличено до более 0,3%.

Наконец, составы и титановые сплавы изобретения не должны совсем поддерживать цирконий, кремний или углерод (за исключением следов). Такие сплавы или составы могут включать элементы, кроме определённых выше, в пропорциях, которые не мешают осуществлению горячей штамповки при температурах, близких к $\beta \rightarrow \alpha+\beta$ полиморфному переходу, или осуществлению термообработки с нагреванием до температуры близкой к температуре перехода, чтобы вызвать появление в полуфабрикате изделия β -фазы, которая способна сосуществовать с α -фазой.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Титановый сплав, особенно подходящий для горячей штамповки при температуре, близкой к температуре полиморфного перехода $\beta \rightarrow \beta+\alpha$ сплава, и для термообработки с нагреванием до температуры, близкой к температуре указанного перехода, содержащий, по меньшей мере, следующие компоненты, мас.%:

алюминий	4,0 – 7,5
ванадий	3,5 – 5,5
молибден	4,5 – 7,5
хром	1,8 – 3,6
железо	0,2 – 0,5
гафний	0,1 – 1,1
кислород	0,1 – 0,3
углерод	0,01 – 0,2
титан	остальное

2. Титановый сплав по п.1, дополнительно содержащий цирконий в количестве от 0,1 до 0,7 мас.%, гафний в количестве от 0,1 до 0,7 мас.%, с общим массовым содержанием гафния и циркония не более 1 мас.%.

3. Титановый сплав по п.2, содержащий дополнительно кремний в количестве от 0,05 до 0,25 мас.%.

4. Титановый сплав по п.1, в котором количество гафния, по существу, превышает в три раза количество кислорода.

5. Титановый сплав по п.1, имеющий следующее содержание компонентов, мас.%:

алюминий	7,0
ванадий	4,5
молибден	6,5
хром	3,0
железо	0,4
гафний	0,9
кислород	0,3
углерод	0,05
титан	остальное

6. Титановый сплав по п.2, имеющий следующее содержание компонентов, мас.%:

алюминий	7,0
ванадий	4,5
молибден	6,5
хром	3,0
железо	0,4
гафний	0,5
цирконий	0,5
кислород	0,3
углерод	0,05
титан	остальное

7. Титановый сплав по п.3, имеющий следующее содержание компонентов, мас.%:

алюминий	7,0
ванадий	4,5
молибден	6,5
хром	3,0
железо	0,4
гафний	0,5
цирконий	0,3
кремний	0,15
кислород	0,3
углерод	0,05
титан	остальное

8. Способ термической обработки полуфабрикатов из титанового сплава по любому из предыдущих пунктов, включающий в себя следующие стадии:

нагревание полуфабриката до температуры в диапазоне на 30-70°C ниже температуры полиморфного перехода $\beta \rightarrow \beta + \alpha$ сплава;

выдерживание при указанной температуре в течение 2-5 ч;

охлаждение;

выдерживание при температуре 540-600°C в течение 8-16 ч и

охлаждение.

