



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: 2009116606/02, 21.06.2007

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
21.06.2007

Приоритет(ы):

(30) Конвенционный приоритет:
02.10.2006 EP 06020703.2

(43) Дата публикации заявки: 10.11.2010 Бюл. № 31

(45) Опубликовано: 27.06.2012 Бюл. № 18

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2228389 C2, 10.05.2004. RU 2218451 C2, 10.12.2003. RU 99114831 A, 10.07.2001. RU 1776089 C, 09.01.1995. EP 0987348 A1, 22.03.2000. EP 1160357 A1, 30.05.2000.

(85) Дата начала рассмотрения заявки РСТ на национальной фазе: 04.05.2009

(86) Заявка РСТ:
EP 2007/056188 (21.06.2007)(87) Публикация заявки РСТ:
WO 2008/040574 (10.04.2008)

Адрес для переписки:

129090, Москва, ул.Б.Спасская, 25, стр.3,
ООО "Юридическая фирма Городисский и
Партнеры", пат.пов. А.В.Мицу, рег. № 364

(72) Автор(ы):

**МАЛОВ Томас (DE),
ОЕХШЕР Маттиас (DE)**

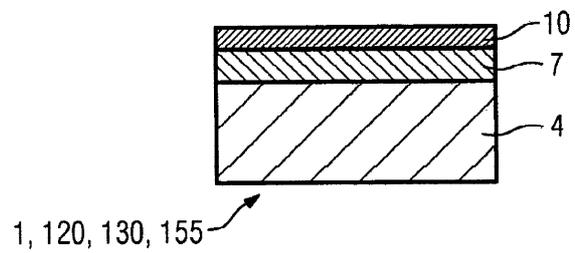
(73) Патентообладатель(и):

СИМЕНС АКЦИЕНГЕЗЕЛЛЬШАФТ (DE)**(54) ПИРОХЛОРНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СОЗДАЮЩЕЕ ТЕПЛОВЫЙ БАРЬЕР ПОКРЫТИЕ С ЭТИМИ ПИРОХЛОРНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к пироксидным материалам и к создающим тепловой барьер покрытиям с этими пироксидными материалами, нанесенными на суперсплав на основе железа, никеля или кобальта. Керамический пироксидный материал состоит из $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ с $0 < x < 2$ и $0 \leq a \leq 1$ или из $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < y < 2$, $0 \leq a \leq 1$. Керамическое теплобарьерное покрытие (19) состоит из внутреннего слоя (13) и наружного слоя (16) керамических материалов, выбранных

из $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-x}Zr_zTi_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}O_{7-a}$, $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 \leq a \leq 1$, $0 < y < 2$, $0 < z < 2$, $y+z < 2$, в частности, из материала упомянутого слоя (13) или слоя (16), причем внутренний слой (13) дополнительно содержит $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ и оксид циркония. Улучшается коэффициент теплового расширения керамических пироксидных



ФИГ.1

RU 2 4 5 4 4 7 7 C 2

RU 2 4 5 4 4 7 7 C 2



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.
C22C 29/12 (2006.01)
C23C 30/00 (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: **2009116606/02, 21.06.2007**

(24) Effective date for property rights:
21.06.2007

Priority:

(30) Convention priority:
02.10.2006 EP 06020703.2

(43) Application published: **10.11.2010 Bull. 31**

(45) Date of publication: **27.06.2012 Bull. 18**

(85) Commencement of national phase: **04.05.2009**

(86) PCT application:
EP 2007/056188 (21.06.2007)

(87) PCT publication:
WO 2008/040574 (10.04.2008)

Mail address:

**129090, Moskva, ul.B.Spasskaja, 25, str.3, OOO
"Juridicheskaja firma Gorodisskij i Partnery",
pat.pov. A.V.Mitsu, reg. № 364**

(72) Inventor(s):

**MALOV Tomas (DE),
OEKhsNER Mattias (DE)**

(73) Proprietor(s):

SIMENS AKT&IENGEZELL'ShAFT (DE)

(54) **PYROCHLORE MATERIALS AND COATING CREATING HEAT BARRIER WITH THOSE PYROCHLORE MATERIALS**

(57) Abstract:

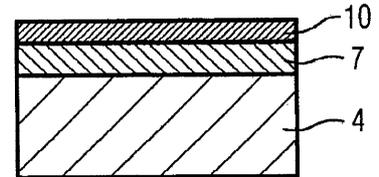
FIELD: metallurgy.

SUBSTANCE: ceramic pyrochlore material consists of $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ with $0 < x < 2$ and $0 \leq a \leq 1$ or of $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, where $0 < y < 2$, $0 \leq a \leq 1$. Ceramic heat barrier coating (19) consists of inner layer (13) and outer layer (16) of ceramic materials chosen from $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_2Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}O_{7-a}$, $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$, where $0 < x < 2$, $0 \leq a \leq 1$, $0 < y < 2$, $0 < z < 2$, $y+z < 2$, and namely from the

material of the above mentioned layer (13) or layer (16). In addition, inner layer (13) contains $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ and zirconium oxide.

EFFECT: increasing thermal expansion coefficient of ceramic pyrochlore materials.

10 cl, 6 dwg



1, 120, 130, 155

ФИГ.1

RU 2 454 477 C2

RU 2 454 477 C2

Изобретение относится к пироклорным материалам и к создающим тепловой барьер покрытиям с этими пироклорными материалами.

Металлические детали, которые подвергаются действию высокой температуры, должны быть защищены от тепла и коррозии. Это особенно необходимо для деталей газовых турбин, таких как камеры сгорания, рабочие или направляющие лопатки турбины. Эти детали обычно покрывают промежуточным слоем $MgCrAlY$ и керамическим покрытием, создающим тепловой барьер (ТВС), которое наносится сверху промежуточного слоя.

Известно о применении в качестве создающего тепловой барьер покрытия $Gd_2Zr_2O_7$ или $Gd_2Hf_2O_7$.

Документ EP 0 992 603 A1 раскрывает пироклорные структуры $(Gd,La,Y)_2(Ti,Zr,Hf)_2O_7$.

В документе EP 1 321 542 A1 описывается смесь оксидов Gd_2O_3 и HfO_2 , причем оксид гафния или гадолиния может быть замещен оксидами таких элементов, как цирконий, самарий, европий, иттербий или неодим.

Эти материалы, известные в уровне техники, можно дополнительно улучшить в отношении их коэффициента теплового расширения и характеристик отслаивания.

Таким образом, задачей изобретения является решить указанную выше задачу.

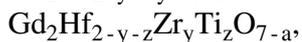
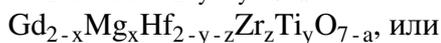
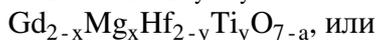
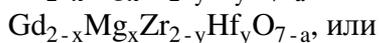
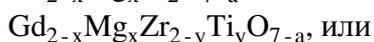
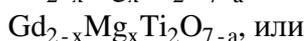
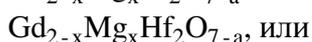
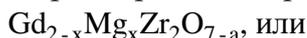
Эта задача решена пироклорными материалами по пункту 1 и создающим тепловой барьер покрытием по пунктам 17, 19 формулы изобретения.

В зависимых пунктах перечислены дальнейшие преимущества изобретения, причем зависимые пункты могут комбинироваться друг с другом для получения дополнительных преимуществ.

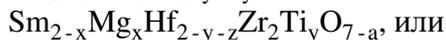
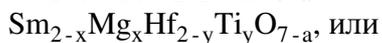
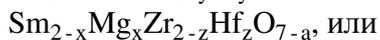
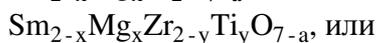
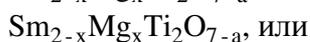
Показано:

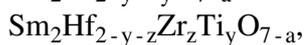
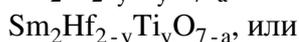
Фиг. 1, 2	примеры слоистых систем,
Фиг. 3	газовая турбина,
Фиг. 4	рабочая или направляющая лопатка турбины,
Фиг. 5	камера сгорания, и
Фиг. 6	список суперсплавов.

Пироклорный материал по изобретению содержит:



причем Gd предпочтительно может быть заменен на Sm, в частности полностью замещен Sm:





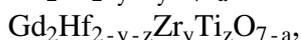
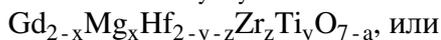
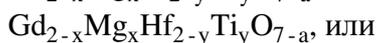
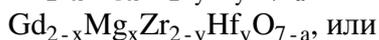
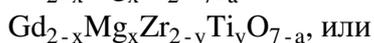
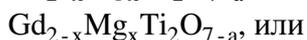
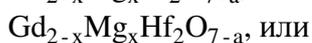
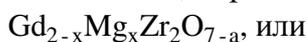
где $0 < x < 2$; $0 < y < 2$; $0 \leq a \leq 1$; $0 < z < 2$; $y + z < 2$.

Магний (Mg) предпочтительно может быть заменен на кальций (Ca).

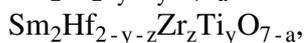
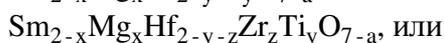
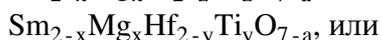
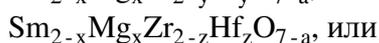
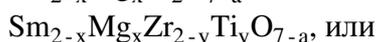
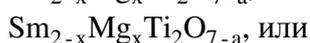
Титан (Ti) предпочтительно может быть заменен на алюминий (Al).

$\text{Gd}_2\text{Zr}_{2-x}\text{Ti}_x\text{O}_7$ и $\text{Sm}_{2-x}\text{Mg}_x\text{Zr}_2\text{O}_{7-a}$ не патентуются как пироклорные материалы.

В частности, пироклорный материал состоит из одного из следующих материалов:



причем Gd предпочтительно может быть заменен на Sm, в частности полностью замещен Sm:



где $0 < x < 2$; $0 < y < 2$; $0 \leq a \leq 1$; $0 < z < 2$; $y + z < 2$.

Гадолиний (Gd) или самарий (Sm) могут быть замещены неодимом (Nd),

европием (Eu) или иттербием (Yb), в частности полностью замещены Nd, Eu или Yb.

Составы для самих пироклорных материалов или покрытий, которые содержат Gd и Sm в качестве основных компонентов, не патентуются.

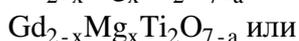
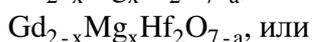
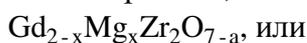
На фиг. 1 показаны компоненты 1, 120, 130 (фиг. 3, 4), 155 (фиг. 5), которые содержат подложку 4.

Подложка 4 является суперсплавом на основе никеля или кобальта. В частности, используется суперсплав на основе никеля (фиг. 6).

На эту подложку 4, в частности прямо на подложку 4, нанесен вяжущий и/или защитный слой 7, в частности используется слой MCrAlX , который образует или имеет оксидный слой (TGO). В частности, используется иттрий ($X=Y$).

На этот промежуточный слой 7 наносится наружное однослойное керамическое покрытие 10, создающее тепловой барьер (ТВС).

Это создающее тепловой барьер покрытие 10 содержит предпочтительно один из таких материалов, как:



$Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_yO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_2Hf_{2-y-z}Zr_yTi_zO_{7-a}$,

причем Gd может быть заменен на Sm, в частности полностью замещен Sm:

$Sm_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-z}Hf_zO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Zr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$,

где $0 < x < 2$; $0 < y < 2$; $0 \leq a \leq 1$; $0 < z < 2$; $y + z < 2$.

Гадолиний (Gd) или самарий (Sm) может быть заменен на неодим (Nd), европий (Eu) или иттербий (Yb). Также возможны смеси этих материалов.

$Gd_2Zr_{2-x}Ti_xO_7$ и $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ не патентуются как пироклорные материалы в однослойной системе.

В частности, создающее тепловой барьер покрытие 10 предпочтительно состоит из одного из материалов:

$Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_zO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_2Hf_{2-y-z}Zr_yTi_zO_{7-a}$,

причем Gd предпочтительно может быть заменен на Sm, в частности полностью замещен Sm:

$Sm_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-z}Hf_zO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Zr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$,

где $0 < x < 2$; $0 < y < 2$; $0 \leq a \leq 1$; $0 < z < 2$; $y + z < 2$.

Магний (Mg) предпочтительно может быть заменен на кальций (Ca).

Титан (Ti) предпочтительно может быть заменен на алюминий (Al).

Фиг. 2 показывает слоистое керамическое барьерное покрытие 19, в частности

двухслойную систему, которая содержит, в частности состоит, из внутреннего керамического создающего тепловой барьер покрытия 13 и наружного керамического создающего тепловой барьер покрытия 16.

5 В частности, керамическое создающее тепловой барьер покрытие 16 является самым внешним покрытием слоистой системы.

Внутреннее керамическое создающее тепловой барьер покрытие 13 содержит один из материалов:

10 $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-z}Hf_zO_{7-a}$, или
15 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Zr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$,
20 где $0 < x < 2$; $0 < y < 2$; $0 \leq a \leq 1$; $0 < z < 2$; $y + z < 2$.

В частности, внутреннее ТВС 13 состоит из одного из материалов:

25 $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-z}Hf_zO_{7-a}$, или
 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
30 $Sm_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Zr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Sm_2Hf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$,
где $0 < x < 2$; $0 < y < 2$; $0 \leq a \leq 1$; $0 < z < 2$; $y + z < 2$.

35 В частности, выбрано $a = x/2$.

Магний (Mg) предпочтительно может быть заменен на кальций (Ca).

Титан (Ti) предпочтительно может быть заменен на алюминий (Al).

Титан (Ti) приводит к уменьшению отслоения керамического покрытия.

40 Mg приводит в соответствие коэффициент теплового расширения с коэффициентами суперсплавов и/или металлических слоев.

Внутреннее керамическое создающее тепловой барьер покрытие 13 может также содержать или состоять из YSZ.

Наружное керамическое создающее тепловой барьер покрытие 16 содержит:

45 $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
50 $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_zO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или
 $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или
 $Gd_2Hf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или

$Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или

$Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$.

В частности, наружное ТВС 16 состоит из одного из материалов:

$Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, или

$Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, или

$Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, или

$Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или

$Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_zO_{7-a}$, или

$Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или

$Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, или

$Gd_2Hf_{2-y-z}Zr_yTi_zO_{7-a}$, или

$Gd_2Zr_{2-x}Ti_xO_{7-a}$, или

$Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, или

$Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$.

Титан (Ti) предпочтительно может быть заменен алюминием (Al).

В слоистой системе, сходной с системами с фиг.1 или фиг.2, керамическое барьерное покрытие 10, 13, 16 может иметь градиент по составу. Градиент по составу может быть получен увеличением или уменьшением значений параметров x, y, z.

В частности, состав можно также изменять постепенно от $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$ до $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$ и окончательно к внешней поверхности до $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$.

Фиг.1 показывает слоистую систему 1 согласно изобретению.

Слоистая система 1 содержит металлическую подложку 4, которая, в частности, для компонентов, используемых при высоких температурах, состоит из суперсплава на основе никеля или кобальта.

Прямо на подложке 4 находится металлический связывающий слой 7, который состоит из:

либо

11-13% мас. кобальта,

20-22% мас. хрома,

10,5-11,5% мас. алюминия,

0,3-0,5% мас. иттрия,

1,5-2,5% мас. рения,

остальное никель,

либо

24-26% мас. кобальта,

16-18% мас. хрома,

9,5-11% мас. алюминия,

0,3-0,5% мас. иттрия,

0,5-2% мас. рений,

остальное никель.

Еще до нанесения дальнейших керамических слоев, на этом металлическом связывающем слое 7 формируют слой оксида алюминия, или слой оксида алюминия этого типа образуется в ходе работы.

В качестве внутреннего керамического слоя 10 на металлическом связывающем слое 7 или на слое оксида алюминия (не показан) может находиться полностью или частично стабилизированный слой оксида циркония. Предпочтительнее использовать оксид циркония, стабилизированный иттрием. Для стабилизации оксида циркония можно также использовать оксид кальция, оксид церия или оксид гафния.

Оксид циркония предпочтительно наносится как слой плазменного напыления, но он может также наноситься как столбчатая структура путем физического осаждения из паровой фазы, получаемой нагревом электронным пучком.

Фиг. 3 показывает (как пример) частичное продольное сечение газовой турбины 100.

Внутри газовая турбина 100 имеет ротор 103, который установлен так, что он может вращаться вокруг оси вращения 102, и который имеет вал 101, ротор называется также рабочим колесом турбины.

За ротором 103 друг за другом следуют воздухозаборник 104, компрессор 105, камера сгорания 110, например тороидальная, в частности кольцевая камера сгорания, с множеством расположенных коаксиально форсунок 107, турбина 108 и выпускная камера 109.

Кольцевая камера сгорания 110 сообщается с каналом 111 для горячих газов, например кольцевым, где, для примера, четыре последовательные ступени 112 турбины образуют турбину 108.

Каждая ступень 112 турбины образована, например, из двух концов рабочих или направляющих лопаток. Если смотреть в направлении течения рабочей среды 113, в канале 111 горячего газа за рядом направляющих лопаток 115 следует ряд 125, образованный из лопаток 120 ротора.

Направляющие лопатки 130 закреплены на внутреннем корпусе 138 статора 143, а рабочие лопатки 120 ротора ряда 125 закреплены на роторе 103, например, с помощью диска 133 турбины. С ротором 103 соединен генератор (не показан).

Когда газовая турбина 100 находится в действии, компрессор 105 засасывает воздух 135 через воздухозаборник 104 и сжимает его. Сжатый воздух, подаваемый на край компрессора 105 со стороны турбины, проходит в форсунки 107, где он смешивается с топливом. Затем смесь сжигается в камере 110 сгорания, образуя рабочую среду 113. Оттуда рабочая среда 113 течет по каналу 111 горячих газов мимо направляющих лопаток 130 и рабочих лопаток 120 ротора. Рабочая среда 113 расширяется у рабочих лопаток 120 ротора, передавая свой момент, так что рабочие лопатки 120 ротора приводят в действие ротор 103, а последний в свою очередь приводит в действие соединенный с ним генератор.

Когда газовая турбина 100 находится в работе, компоненты, открытые горячей рабочей среде 113, подвергаются термическим напряжениям. Направляющие лопатки 130 и рабочие лопатки 120 ротора первой ступени 112 турбины, если смотреть в направлении течения рабочей среды 113, вместе с теплозащитными элементами, которыми обшита кольцевая камера сгорания 110, подвергаются самым высоким термическим напряжениям. Чтобы быть способным выдерживать царящие там температуры, их можно охлаждать охлаждающей средой.

Подложки компонентов могут также иметь направленную структуру, т.е. они находятся в монокристаллической форме (SX-структура) или имеют только продольно ориентированные зерна (DS-структура).

Например, в качестве материала для компонентов, в частности рабочих или направляющих лопаток 120, 130 турбины и компонентов камеры сгорания 110, используются суперсплавы на основе железа, никеля или кобальта.

Суперсплавы этого типа известны, например, из документов EP 1 204776B1, EP 1 306454, EP 1 319729A1, WO 99/67435 или WO 00/44949; эти документы составляют часть изобретения в том, что касается химического состава сплавов.

Рабочие или направляющие лопатки 120, 130 могут также иметь покрытия, которые защищают от коррозии (MCrAlX; M означает по меньшей мере один элемент,

выбранный из группы, состоящей из железа (Fe), кобальта (Co), никеля (Ni), X означает активный элемент и является иттрием (Y), и/или кремнием, и/или по меньшей мере одним редкоземельным элементом, и/или гафнием).

5 Сплавы этого типа известны из документов EP 0 486489B1, EP 0 786017B1, EP 0 412397B1 или EP 1 306454A1, которые рассматриваются как часть настоящего изобретения в том, что касается химического состава.

10 На $M\text{CrAlX}$ может также находиться создающее тепловой барьер покрытие, состоящее, например, из ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$, т.е. нестабилизированного, частично стабилизированного или полностью стабилизированного оксидом иттрия, и/или оксидом кальция, и/или оксидом магния.

15 Столбчатые звенья в создающем тепловой барьер покрытии получают подходящими способами нанесения покрытий, такими, например, как физическое осаждение из паровой фазы, получаемой нагревом электронным пучком (EB-PVD).

20 Направляющая лопатка 130 имеет хвостовик лопатки (здесь не показан), обращенный к внутреннему корпусу 138 турбины 108, и вершину направляющей лопатки у противоположного конца от хвостовика направляющей лопатки. Вершина направляющей лопатки обращена к ротору 103 и закреплена на зажимном кольце 140 статора 143.

На фиг. 4 изображена в перспективе рабочая лопатка 120 ротора или направляющая лопатка 130 турбомашин, которые идут вдоль продольной оси 121.

Турбомашин может быть газовой турбиной самолета или электростанции для выработки электричества, паровой турбиной или компрессором.

25 Рабочие или направляющие лопатки 120, 130 имеют последовательно вдоль продольной оси 121 замковую область 400, примыкающую к платформе 403 рабочей или направляющей лопатки, и основную часть 406 рабочей или направляющей лопатки. Будучи направляющей лопаткой, лопатка 130 может иметь дополнительную платформу (не показана) на своей верхней кромке 415.

30 В замковой области 400 образован хвостовик 183 рабочей или направляющей лопатки, который используется для крепления лопаток 120, 130 ротора к валу или диску (не показан). Хвостовик 183 рабочей или направляющей лопатки выполнен, например, в виде головки молотка. Возможны и другие конфигурации, такие как елочный хвостовик лопатки или хвостовик в виде ласточкиного хвоста.

35 Рабочие или направляющие лопатки 120, 130 имеют ведущий носок 409 и заднее ребро 412 для среды, которая течет мимо основной части 406 рабочей или направляющей лопатки.

40 Например, в случае обычных рабочих или направляющих лопаток 120, 130 для всех частей 400, 403, 406 рабочей или направляющей лопатки 120, 130 используются твердые металлические материалы, в частности суперсплавы.

45 Суперсплавы этого типа известны, например, из документов EP 1 204776B1, EP 1 306454, EP 1 319729A1, WO 99/67435 или WO 00/44949. Эти документы составляют часть изобретения в отношении химического состава сплава. Рабочие или направляющие лопатки 120, 130 могут в этом случае быть изготовлены способом литья, а также посредством направленного отверждения, ковкой, фрезерованием или их комбинацией.

50 Детали с монокристаллической структурой или структурами используются как компоненты для машин, которые при работе подвергаются высоким механическим, термическим и/или химическим напряжениям. Монокристаллические детали этого типа получают, например, направленным отверждением из расплава. Это включает

процессы литья, в которых жидкий металлический сплав застывает с образованием монокристаллической структуры, т.е. монокристаллической детали, или отверждается направленно. В этом случае дендритные кристаллы ориентированы в направлении теплового потока и образуют либо структуру столбчатых кристаллических зерен (т.е. зерен, которые проходят по всей длине детали и называются здесь, в соответствии с обычно используемой терминологией, направленно отвержденными), либо монокристаллическую структуру, т.е. вся деталь состоит из одного монокристалла. В этих процессах следует избегать перехода к глобулярному (поликристаллическому) твердению, так как ненаправленный рост неизбежно приведет к образованию поперечных и продольных границ зерен, что сводит на нет благоприятные свойства направленно отвержденных или монокристаллических компонентов.

Когда в тексте в общих терминах говорится о направленно отвержденных микроструктурах, следует понимать, что это означает как монокристаллы, которые не имеют никаких межзеренных границ или имеют самое большее малоугловые межзеренные границы, так и столбчатые кристаллические структуры, которые хотя и имеют межзеренные границы, идущие в продольном направлении, но не имеют поперечных межзеренных границ. Эта вторая форма кристаллических структур также описывается как направленно отвержденная микроструктура (направленно отвержденные структуры).

Способы этого типа известны из документов US-A 6,024,792 и EP 0 892 090 A1; эти документы составляют часть настоящего изобретения.

Рабочие или направляющие лопатки 120, 130 могут также иметь покрытия, защищающие от коррозии или окисления (например, MCrAlX; M означает по меньшей мере один элемент, выбранный из группы, состоящей из железа (Fe), кобальта (Co), никеля (Ni), X является активным элементом и означает иттрий (Y), и/или кремний, и/или по меньшей мере один редкоземельный элемент, или гафний (Hf)). Сплавы этого типа известны из документов EP 0 486489B1, EP 0 786017B1, EP 0 412397B1 или EP 1 306454A1, которые рассматриваются как составляющие часть настоящего изобретения в отношении химического состава сплава.

На MCrAlX может также наноситься создающее тепловой барьер покрытие, состоящее, например, из ZrO_2 , $Y_2O_3-ZrO_2$, т.е. нестабилизированного, частично стабилизированного или полностью стабилизированного оксидом иттрия, и/или оксидом кальция, и/или оксидом магния. Столбчатые звенья получают в создающем тепловой барьер покрытии подходящими способами нанесения покрытий, такими, например, как физическое осаждение из паровой фазы, получаемой нагревом электронным пучком (EB-PVD).

Обновление означает, что после того, как они отработали свое, защитные слои могут быть удалены с компонентов 120, 130 (например, пескоструйной обработкой). Затем удаляются слои и/или продукты коррозии и окисления. При необходимости заделываются также трещины в компоненте 120, 130. За этим следует нанесение нового покрытия на компонент 120, 130, после чего компонент 120, 130 может использоваться снова.

Рабочие или направляющие лопатки 120, 130 могут быть полыми или сплошными по форме. Если рабочие или направляющие лопатки 120, 130 должны охлаждаться, они являются полыми и могут также иметь отверстия 418 для пленочного охлаждения (показаны пунктирными линиями).

Формула изобретения

1. Керамический пирохлорный материал, состоящий из $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ с $0 < x < 2$ и $0 \leq a \leq 1$.

2. Материал по п.1, в котором $a=0$.

3. Керамический пирохлорный материал, состоящий из $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < y < 2$, $0 \leq a \leq 1$.

4. Керамическое теплобарьерное покрытие (10, 19), нанесенное на суперсплав на основе железа, никеля или кобальта, которое содержит материал $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ или $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 < y < 2$ и $0 \leq a \leq 1$, в частности, имеющий монокристаллическую структуру.

5. Керамическое теплобарьерное покрытие, нанесенное на суперсплав на основе железа, никеля или кобальта, причем теплобарьерное покрытие (19) состоит из внутреннего слоя (13) и наружного слоя (16) керамических материалов, выбранных из $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, $Sm_{2-x}Mg_xZr_{2-y}O_{7-a}$, $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 \leq a \leq 1$, $0 < y < 2$, $0 < z < 2$, $y+z < 2$, в частности, из материала упомянутого слоя (13) или слоя (16), причем внутренний слой (13) дополнительно содержит $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ и оксид циркония.

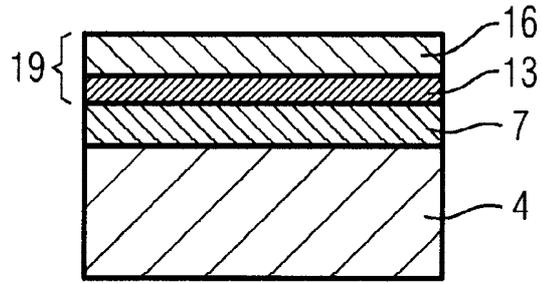
6. Покрытие по п.5, в котором внутренний керамический теплобарьерный слой (13) содержит $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ или $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 < y < 2$ и $0 \leq a \leq 1$.

7. Покрытие по п.5, в котором внутренний керамический теплобарьерный слой (13) состоит из одного материала $Sm_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$ или $Sm_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 < y < 2$ и $0 \leq a \leq 1$.

8. Покрытие по п.5, в котором внутренний керамический теплобарьерный слой (13) содержит оксид циркония, в частности оксид циркония, стабилизированный оксидом иттрия (YSZ).

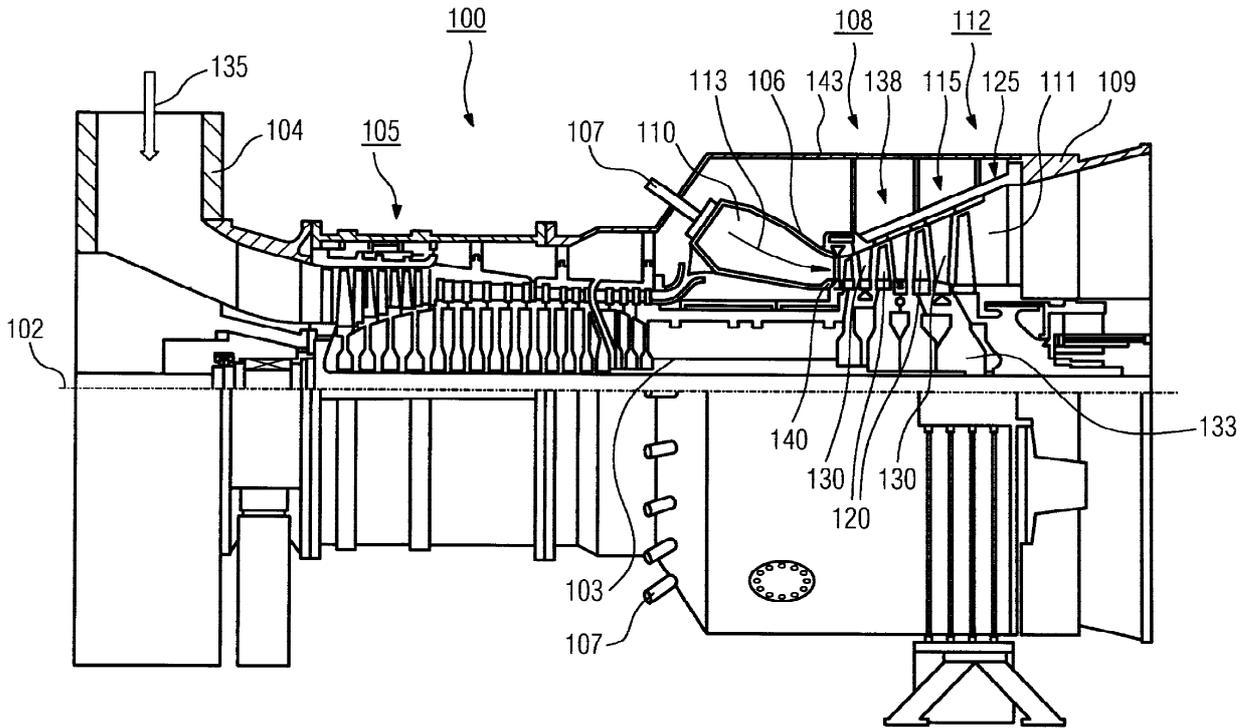
9. Покрытие по любому из пп.5-8, в котором наружный керамический теплобарьерный слой (16) содержит один материал, выбранный из $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, $Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 \leq a \leq 1$, $0 < y < 2$, $0 < z < 2$, $y+z < 2$.

10. Покрытие по п.9, в котором наружный керамический теплобарьерный слой (16) состоит из одного материала, выбранного из $Gd_{2-x}Mg_xZr_2O_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Hf_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_{2-y-z}Zr_zTi_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xHf_2O_{7-a}$, $Gd_2Hf_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xZr_{2-y}Ti_yO_{7-a}$, $Gd_{2-x}Mg_xTi_2O_{7-a}$, $Gd_2Zr_{1-y}Ti_yO_{7-a}$, где $0 < x < 2$, $0 \leq a \leq 1$, $0 < y < 2$, $0 < z < 2$, $y+z < 2$.

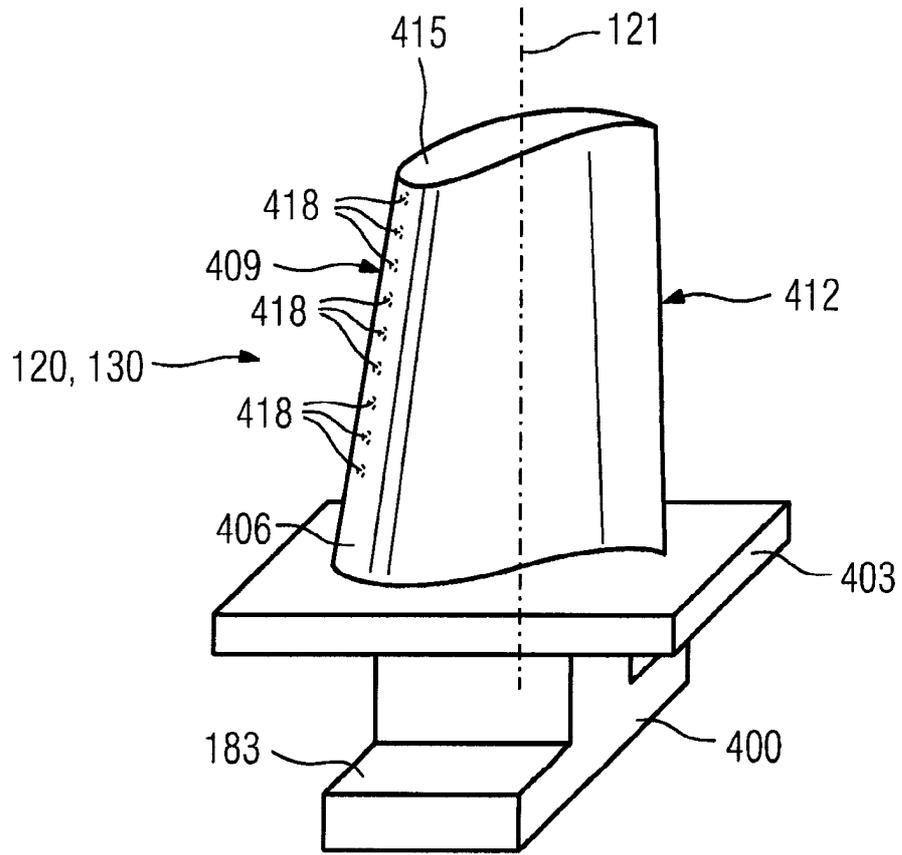


1, 120, 130, 155

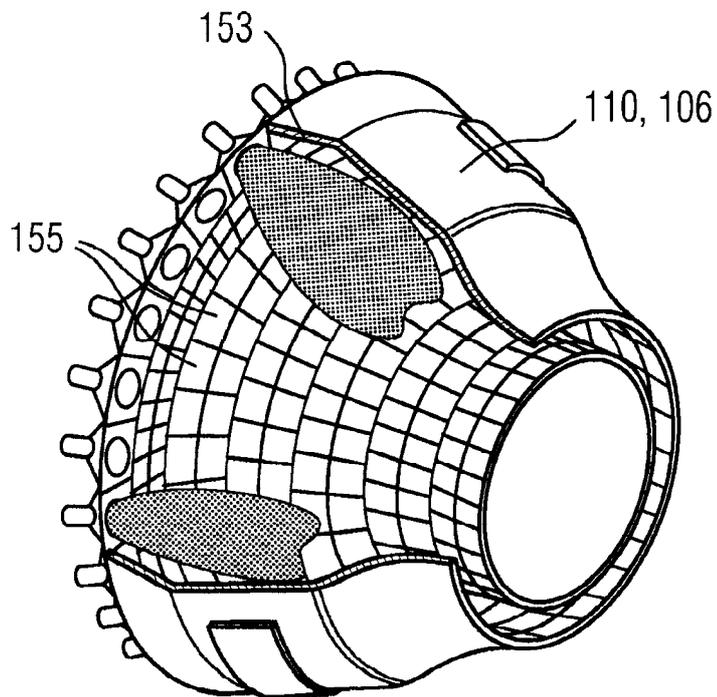
ФИГ.2



ФИГ.3



ФИГ.4



ФИГ.5

Материал	Химический состав в %												
	C	Cr	Ni	Co	Mo	W	Ta	Nb	Al	Ti	B	Zr	Hf
Сплавы для прецизионного литья на основе Ni													
GTD 222	0,10	22,5	ост.	19,0		2,0	1,0		1,2	2,3	0,008		
IN 939	0,15	22,4	ост.	19,0		2,0	1,4	1,0	1,9	3,7	0,009	0,10	
IN 6203 DS	0,15	22,0	ост.	19,0		2,0	1,1	0,8	2,3	3,5	0,010	0,10	0,75
Udimet 500	0,10	18,0	ост.	18,5	4,0				2,9	2,9	0,006	0,05	
IN 738 LC	0,10	16,0	ост.	8,5	1,7	2,6	1,7	0,9	3,4	3,4	0,010	0,10	
SC16	<0,01	16,0	ост.		3,0		3,5		3,5	3,5	<0,005	<0,008	
Rene 80	0,17	14,0	ост.	9,5	4,0	4,0			3,0	5,0	0,015	0,03	
GTD 111	0,10	14,0	ост.	9,5	1,5	3,8	2,8		3,0	4,9	0,012	0,03	
GTD 111 DS													
IN 792 CG	0,08	12,5	ост.	9,0	1,9	4,1	4,1		3,4	3,8	0,015	0,02	
IN 792 DS	0,08	12,5	ост.	9,0	1,9	4,1	4,1		3,4	3,8	0,015	0,02	1,00
MAR M 002	0,15	9,0	ост.	10,0		10,0	2,5		5,5	1,5	0,015	0,05	1,50
MAR M 247 LC DS	0,07	8,1	ост.	9,2	0,5	9,5	3,2		5,6	0,7	0,015	0,02	1,40
CMSX-2	<0,006	8,0	ост.	4,6	0,6	8,0	6,0		5,6	1,0	<0,003	<0,0075	
CMSX-3	<0,006	8,0	ост.	4,6	0,6	8,0	6,0		5,6	1,0	<0,003	<0,0075	0,10
CMSX-4		6,0	ост.	10,0	0,6	6,0	6,0		5,6	1,0		Re=3,0	0,10
CMSX-6	<0,015	10,0	ост.	5,0	3,0	<0,10	2,0	<0,10	4,9	4,8	<0,003	<0,0075	0,10
PWA1480SX	<0,006	10,0	ост.	5,0		4,0	12,0		5,0	1,5	<0,0075	<0,0075	
PWA1483SX	0,07	12,2	ост.	9,0	1,9	3,8	5,0		3,6	4,2	0,0001	0,002	
Сплавы для прецизионного литья на основе Co													
FSX414	0,25	29,0	10	ост.		7,5					0,010		
x45	0,25	25,0	10	ост.		8,0					0,010		
ECY 768	0,65	24,0	10	51,7		7,5	4,0		0,25	0,3	0,010	0,05	
MAR-M-509	0,65	24,5	11	ост.		7,5	4			0,3	0,010	0,60	
CM 247	0,07	8,3	ост.	10,0	0,5	9,5	3,2		5,5	0,7			1,5

ФИГ.6