СОЮЗ СОВЕТСКИХ СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ РЕСПУБЛИК

(19) SU (11) 1505441 A3

(51) 4 C 04 B 37/02

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ ПО ИЗОБРЕТЕНИЯМ И ОТКРЫТИЯМ ПРИ ГКНТ СССР

ВСЕСОЮЗНАЯ ПАТЕНТНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БИБЛИОТЕКА

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К ПАТЕНТУ

1

(21) 2395497/23-33
(22) 09.09.76
(31) 612439
(32) 11.09.75
(33) US
(46) 30.08.89. Бюл. № 32
(71) Юнайтед Технолоджиз Корпорейшн (US)
(72) Джордж Уильям Говард, Дельтон Эндрюс Грей и Ричард Кэррол Крутенат (US)
(53) 666.97 (088.8)
(56) Патент США № 3006782, кл. 29-183.5, опублик. 1968.

(54) ПОКРЫТИЕ

(57) Изобретение относится к огнеупорной промышленности, преимущественно к покрытиям для защиты конструкции из сплавов на основе Ni и Co. С целью повышения стойкости покрытия для защиты конструкции из сплавов на основе Ni и Co от воздействия высоких температур, состоящего из слоя металлического связующего, содержащего Cr, Ni или Co, и слоя двуокиси циркония, стабилизированной оксидом магния, металлический связующий слой его дополнительно содержит алюминий и иттрий и имеет состав, мас.%: хром 20-25; алюминий 12-15; иттрий 0,2-0,75; никель или кобальт остальное. Образцы с покрытием выдерживают 6000-8000 циклов.

2

Изобретение относится к огнеупорной промышленности, преимущественно к покрытиям для защиты конструкции из сплавов на основе никеля и кобальта.

Целью изобретения является повышение стойкости.

Перед нанесением на изделие суперсплава на основе никеля и кобальта поверхность вначале тщательно очищают от загрязнений, жира и других посторонних примесей, после чего подвергают пескоструйной обработке абразивным материалом. Покрытие наносят путем осаждения из паров, образующихся из нагретого до соответствующей температуры расплава осаждаемого материала, в вакуумной камере при 10^{-4} Тор или более низком давлении. Исходный сигнал, расплавляемый и испаряемый с помощью электронного луча, имеет примерно тот же химический состав, что и конечное покрытие.

Перед началом осаждения изделия предпочтительно нагревают в течение 5-6 мин до 954±28°С и эту температуру поддерживают далее в процессе нанесения покрытия. Продолжительность осаждения может меняться, но контролируется таким образом, чтобы получаемое покрытие имело толщину 0,08-0,18 мм. После нанесения покрытия следует охлаждение до температуры ниже 538°С в неокислительной атмосфере. После нанесения покрытия изделия могут быть подвергнуты дополнительной термообработке в течение 1 ч при 1037±14°С в вакууме для обеспечения более прочной связи покрытия с мате-

(19) SU (11) 1505441 A3

риалом основы и облегчения последующей дробеструйной нагартовки.

Покрытые изделия могут быть подвергнуты дробеструйной обработке сухими стеклянными шариками диаметром 0,18-0,28 или интенсивностью, эквивалентной 19 Н. После этого изделия могут быть подвергнуты термообработке в течение 4 ч при 1080±14°С в атмосфере сухого аргона, водорода или в вакууме и затем охлаждены в защитной атмосфере со скоростью, эквивалентной скорости при естественном охлаждении в воздухе. Обработанные таким образом изделия имеют покрытие толщиной (без учета диффузионной зоны) 0,08-0,18 мм.

Пример 1. На образцы для испытаний при высоких температурах из материала MAR-M 509 (содержащего, мас.%: никель 10; хром 23,5; кобальт 55; вольфрам 7; тантал 3,5; титан 0,2; углерод 0,6; цирконий 0,5) наносили покрытия из известной и предлагаемой композиций. В первом случае использовали связующее покрытие, включающее 80 мас.% никеля, 20 мас.% хрома и 5 мас.% алюминия, во втором - связующее покрытие, содержащее 25 мас.% хрома, 15 мас.% алюминия, 0,2 мас.% иттрия и остальное никель. И в том и в другом случае толщина покрытия составляла примерно 0,13 мм, и наносилось оно путем напыления из паровой фазы. Стабилизированные окисью магния слои ZrO_2 толщиной 0,26 мм наносили на основу со связующим покрытием с помощью плазменного распыления. Образцы с нанесенным на них покрытием подвергали циклическим испытаниям при высокой температуре, в ходе которых их нагревали в течение 5 мин до 1010°С в установке за счет сжигания ракетного топлива и затем охлаждали в течение 1 мин за счет продувки воздуха. Продолжительность одного цикла составляла 6 мин. За 1 ч проводилось 10 циклов. В образцах с известным покрытием примерно 50% связующего покрытия отслаивалось после 2000 циклов (через 200 ч). В образцах с предлагаемым покрытием менее 50% образцов разрушалось после 6000 циклов (600 ч). Следует отметить, что в образцах с известным покрытием наблюдалось заметное окисление обнажающегося после отслаивания материала связующего покрытия. В некоторых случаях происходило окисление и обнажающегося материала основы. В образцах с предлагаемым покрытием окисления не наблюдалось; связующее покрытие у них было значительно более стойким к окислению.

Пример 2. На лопатки турбины из кобальтового суперсплава MAR-M 509 наносили известное и предлагаемое покрытия и испытывали их в серийной газовой турбине. В образцах с известным покрытием связующее покрытие содержало, мас.%: Ni 20; Cr 24; Al 15; Co остальное. В образцах с предлагаемым покрытием связующее покрытие имело тот же состав, но содержало дополнительно 0,75 мас.% иттрия. И в том и в другом случае толщина связующего покрытия составляла примерно 0,13 мм. Для нанесения на лопатки турбин обоих типов покрытия из двуокиси циркония, стабилизированной окисью магния, толщиной около 0,38 мм использовали плазменное напыление. Лопатки с нанесенным покрытием монтировали в серийную турбину и подвергали стандартным испытаниям в жестких условиях. Через каждые 1000 циклов турбину частично разбирали для осмотра лопаток. В лопатках с известным покрытием существенное разрушение керамического материала наблюдалось уже менее чем через 1000 циклов, тогда как в лопатках с предлагаемым покрытием значительное разрушение керамического материала происходило только после более 2000 циклов.

Пример 3. На образцы для высокотемпературных испытаний из MAR-M 200+Hf (состав,мас.%: Cr 9; Co 10; W 12; Cl 1; Ti 2; Al 5; B 0,015; Hf 2; Ni остальное) наносили покрытия с известным и предлагаемым связующими покрытиями. Известное покрытие содержало 20 мас.% Cr, 10 мас.% Al, остальное Co. Предлагаемое покрытие имело тот же состав, но содержало дополнительно 6 мас.% Y. Оба покрытия наносили путем плазменного напыления. Поверх металлического связующего покрытия путем плазменного напыления наносили покрытие из двуокиси циркония, стабилизированной окисью магния (20 % MgO; 80% ZrO_2). Толщина металлического связующего покрытия составляла примерно

0,13 мм, толщина керамического покрытия - около 0,25 мм. Покрытые таким образом образцы испытывали в высокотемпературном устройстве, в котором их нагревали в течение 5 мин до 982°С, после чего охлаждали 1 мин путем продувания воздуха, вследствие чего в них возникали термические напряжения. Образцы с предлагаемым покрытием выдерживали около 7000 циклов (после чего наблюдалось существенное отслаивание керамического слоя). Образцы с известным покрытием обнаруживали существенное отслаивание уже примерно после 2000 циклов.

Пример 4. На образцы для высокотемпературных испытаний из MAR-M 200 + Hf (того же состава, что и в примере 3) наносили покрытие с двумя различными типами связующего покрытия. Первое покрытие (известное) содержало 18 мас.% Cr; 13 мас.% Al, остальное Co. Второе покрытие (предлагаемое) имело тот же состав, что и первое, но содержало дополнительно 7 мас.% Y. Оба покрытия наносили путем плазменного напыления. Поверх металлических связующих покрытий путем плазменного напыления наносили покрытие из двуокиси циркония, стабилизированной окисью магния (23 % MgO; 77% ZrO_2). Толщина металлического связующего покрытия равна примерно 0,13 мм, а толщина керамического покрытия 0,30 мм. Покрытые таким образом образцы испытывали в высокотемпературном устройстве, в котором их нагревали в течение 5 мин до 1010°С, после чего охлаждали в течение 1 мин путем продувания воздуха, вследствие чего в них возникали термические напряжения. Образцы с предлагаемым покрытием выдерживали около 8000 циклов (после чего наблюдалось существенное отслаивание керамического покрытия). В образцах с известным покрытием существенное отслаивание наблюдалось уже примерно после 2500 циклов.

Пример 5. На лопасти газовой турбины, изготовленные из материала MAR-M 200, наносили два типа покрытий такого же состава, как и в примере 2. Лопасти имели внутреннее воздушное охлаждение. Снабженные термопарами лопасти монтировали в газовую турбину вместе с крыльями из MAR-M 200 с покрытием из никеля, кобальта, хрома, алюминия и иттрия того же состава, что и в примере 2, но без керамического покрытия. В ходе ускоренных испытаний было установлено, что средняя температура лопастей с керамическим покрытием была примерно на 83°С ниже, чем лопастей, не содержавших керамического покрытия. Такое снижение температуры способствует увеличению срока службы лопастей. Лопасти с покрытием из никеля, кобальта, хрома, алюминия и иттрия без керамического покрытия обнаруживали существенное окисление покрытия после 3000 циклов. В лопастях с керамическим покрытием и связующим покрытием из никеля, кобальта, хрома и алюминия наблюдалось существенное отслаивание керамического покрытия после примерно 2000 циклов и потеря защитных свойств в результате проникновения через покрытие после примерно 4000 полных циклов. Лопасти с керамическим покрытием и связующим покрытием из никеля, кобальта, хрома, алюминия и иттрия практически не разрушались после 10000 циклов, после чего испытания прекращали. Таким образом, снижение температуры благодаря керамическому покрытию способствует повышению стойкости к окислению, так как скорость окисления зависит от температуры.

Пример 6. Панель с покрытием из 67,5 мас.% кобальта, 20 мас.% хрома, 12 мас.% алюминия, 0,5 мас.% иттрия, 17 мас.% двуокиси циркония, стабилизированной окисью магния, при толщине покрытий 0,022 и 0,035 см подвергали выдержке при 980°С, после чего проводили двухминутное охлаждение при комнатной температуре. При испытании после 100 циклов была обнаружена удовлетворительная адгезия покрытия к сплаву, служившему субстратом. Образцы с покрытием выдержали около 7000 циклов.

Формула изобретения

Покрытие для защиты конструкции из сплавов на основе никеля и кобальта от воздействия высоких температур, состоящее из слоя металлического связующего, содержащего хром, никель или кобальт, и слоя двуокиси циркония, стабилизированной оксидом магния, отличающееся тем, что,

с целью повышения стойкости, металлический связующий слой дополнительно содержит алюминий и иттрий и имеет состав, мас.%:

Хром	20-25
Алюминий	12-15
Иттрий	0,2-0,75
Никель или кобальт	Остальное

Составитель А.Кулабухова
Редактор И.Рыбченко Техред М.Моргентал Корректор О.Кравцова
Заказ 5271/58 Тираж 591 Подписное
ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5
Производственно-издательский комбинат "Патент", г.Ужгород, ул. Гагарина,101