

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2000-3645**
(22) Přihlášeno: **03.10.2000**
(30) Právo přednosti: **04.10.1999** US 1999/411210
(40) Zveřejněno: **17.07.2002**
(Věstník č. 7/2002)
(47) Uděleno: **29.07.2009**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **09.09.2009**
(Věstník č. 36/2009)

(11) Číslo dokumentu:

300 899

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
C23C 10/30 (2006.01)
C23C 10/48 (2006.01)
C23C 10/20 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
US 5849416; DE 19628553 C1; US 5738725; US 5366765; US 4347267.

(73) Majitel patentu:
GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady, NY,
US

(72) Původce:
Cartier Thomas Joseph, Scotia, NY, US
Sangeeta D., Cincinnati, OH, US
Park Dong-Sil, Schenectady, NY, US
Grossman Theodore Robert, Hamilton, OH, US

(74) Zástupce:
JUDr. Otakar Švorčík, Háfkova 2, Praha 2, 12000

(54) Název vynálezu:
**Způsob vytváření povlakových vrstev za použití
pěnové suspenze**

(57) Anotace:
Povlékání součástí z kovu, zejména vysoce legované slitiny na bázi niklu nebo kobaltu, se provádí nanášením pěnové suspenze práškového kovu, zejména hliníku, tepelným zpracováním nanesené pěnové suspenze za vzniku povlakové vrstvy kovu, a následným tepelným zpracováním pro difúzi kovu do zpracované součásti.

CZ 300899 B6

Způsob vytváření povlakových vrstev za použití pěnové suspenze

Oblast techniky

Předložený vynález se, obecně řečeno, zabývá technologiemi metalurgického zpracování. Konkrétně se řešení podle předloženého vynálezu týká technologických postupů nanášení povlakových vrstev na substráty, například takové substráty jako jsou dílčí komponenty turbínových strojů.

Dosavadní stav techniky

Povlakové vrstvy, jejichž vytváření zahrnuje široký výběr různých specificky navržených postupů, se velmi často používají pro ochranu kovových součástí, které jsou během své funkční aplikace vystavené působení vysokých teplot, a kterými jsou například kovové součásti vyrobené z vysoce legovaných slitin. Velmi často se z důvodu zvýšení odolnosti materiálů na bázi vysoce legovaných slitin proti oxidaci za vysokých teplot a proti účinkům korozního působení používají například povlakové vrstvy na bázi komplexních sloučenin hliníku. V povlakových vrstvách na bázi komplexních sloučenin hliníku tvoří hliník na jejich povrchu tenkou vrstvu oxidu hlinitého, která působí jako ochranná bariéra proti další oxidaci. Takové povlakové vrstvy mohou zároveň také sloužit jako vazební vrstva mezi substrátem z vysoce legované slitiny a tepelnému působení odolnou bariérovou povlakovou vrstvou (TBC).

Některé způsoby nanášení vrstev na bázi komplexních sloučenin hliníku jsou použitelné jak pro nově vytvořené strojní součásti, tak i pro již jednou použité a renovované strojní součásti. Takové způsoby zpracování zahrnují například technologický postup pokovování v plynné fázi a osobám obeznámeným se stavem techniky dobře známé „cementování v práškovém zábalu“. Přestože technologické postupy nanášení v plynné fázi je možné použít pro povlékání jak vnějších povrchů, tak i vnitřních povrchů strojních součástí, může nezbytnost a komplikovanost dalšího doplňkového zpracovávání v určitých aplikacích představovat nežádoucí problémy. Naproti tomu, použití technologického postupu cementování v prášku je sice tento postup pro účely povlékání vnitřních povrchů strojních součástí dostatečně účinný, je však, bohužel, velmi nákladný, náročný na pracnost, a jeho provádění vyžaduje použití velmi specializovaného vybavení, což ve svém důsledku, v případě povlékání renovovaných komponent, obvykle vyžaduje přepravu k povlékání určených komponent z montážního pracoviště na pracoviště externího poskytovatele služeb.

Ve spisu CZ PV 2000-2416 je popsáno povlékání vnitřního povrchu součástí z kovové slitiny, které se provádí nanášením kašovité vodné suspenze práškového kovu, například hliníku a následným vysušením nanesené vrstvy. Obdobné řešení je popsáno ve spisu US 5849416. Uvedená řešení rovněž vykazují výše uvedené nedostatky.

Vzhledem ke shora uvedeným skutečnostem ve stávajícím stavu techniky dosud přetrvává potřeba dalšího zdokonalování a navržení dalších použitelných technologických postupů pro vytváření povlakových vrstev na bázi komplexních sloučenin hliníku.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny způsobem povlékání povrchu vnitřních průchozích kanálků dílčí komponenty turbínového stroje, podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že zahrnuje opatření dílčí komponenty turbínového stroje s vnitřními průchozími kanálky určenými k povlékání; povlékání povrchu uvedených vnitřních průchozích kanálků pěnovou sus-

penzí obsahující v pění suspendovaný hliníkový prášek; tepelné zpracovávání pěnové suspenze při teplotě, při které dochází k vytékávání pěny za vytváření povlakové vrstvy na povrchu vnitřních průchozích kanálků; a podrobování substrátu difúznímu zpracovávání, při kterém dochází k difundování hliníku do substrátu.

5 Difúzní zpracovávání se provádí s výhodou při teplotě, jejíž velikost není menší než 870 °C. Pěna může zahrnovat organickou pryskyřici se samočinnou iniciací expandování. Povlékání má s výhodou průměrnou tloušťku větší než 12,5 µm po tepelném zpracování. Velikost uvedené teploty se může pohybovat v rozmezí od 300 do 600 °C.

10 Povrch určený k povlékání se ve výhodném provedení povléká pěnovým prekurzorem obsahujícím v něm suspendovaný prášek, přičemž tento pěnový prekurzor expanduje za vytváření uvedené pěny. Pěnová suspenze s výhodou obsahuje 1 až 20 dílů hmotnostních hliníkového prášku na 10 dílů hmotnostních pěny. Hliníkový prášek vykazuje ve výhodném provedení průměrnou velikost částic pohybující se v rozmezí od 1,0 do 15 µm. Organická pryskyřice s výhodou zahrnuje polyurethan.

Přehled obrázků na výkresech

20 Předložený vynález bude blíže vysvětlen prostřednictvím podrobného popisu příkladů jeho konkrétních provedení ve spojení s připojenou výkresovou dokumentací, ve které její jediný obrázek představuje ilustrativní příklad substrátu s dutinou serpentinovité konfigurace určenou k povlékání za použití pěnovou suspenze, znázorněný v příčném řezu.

Příklady provedení vynálezu

30 Dále uvedená provedení předloženého vynálezu popisují způsoby povlékání vnitřního povrchu substrátu, a to zejména způsoby vytváření povlakové vrstvy na vnitřním povrchu příslušného substrátu. Tento substrát je typicky vytvořený z kovové slitiny a představuje dílčí komponentu turbínového stroje. Typickými příklady takových substrátů jsou substráty vytvořené z vysoce legovaných slitinových materiálů, které jsou ze stavu techniky známé jako materiály používané pro výrobu vysoce odolných komponent pracujících při vysokých teplotách a účelem jejichž
35 použití je docílení odpovídajících charakteristických vlastností, například takových jako jsou pevnost v tahu, odolnost proti tečení, odolnost proti oxidaci, a odolnost proti účinkům korozního působení. Uvedené vůči vysokým teplotám odolné komponenty jsou typicky vytvořené z vysoce legované slitiny na bázi niklu nebo z vysoce legované slitiny na bázi kobaltu, ve kterých představuje nikl nebo kobalt prvek, který je ve vysoce legované slitině obsažený, vztaženo na celkovou
40 hmotnost, v největším hmotnostním množství.

Příkladné vysoce legované slitiny na bázi niklu obsahují alespoň cca 40 % hmotn. niklu, a alespoň jednu složku zvolenou ze skupiny obsahující kobalt, chróm, hliník, wolfram, molybden, titan, a železo. Charakteristické příklady takových vysoce legovaných slitin na bázi niklu představují slitiny, které jsou ve stavu techniky známé pod obchodními názvy Inconel[®], Nimonic[®],
45 Rene[®] (například slitiny Rene[®]80-, Rene[®]95, Rene[®]142, a Rene[®]N5), a Udimet[®], a které zahrnují vysoce legované monokrystalové slitiny a vysoce legované slitiny s řízeným tuhnutím. Příkladné vysoce legované slitiny na bázi kobaltu obsahují alespoň cca 30 % hmotn. kobaltu, a alespoň jednu složku zvolenou ze skupiny obsahující nikl, chróm, hliník, wolfram, molybden, titan, a
50 železo. Charakteristické příklady takových vysoce legovaných slitin na bázi niklu představují slitiny, které jsou ve stavu techniky známé pod obchodními názvy Haynes[®], Nozzaloy[®], Stellite[®], a Ultimet[®].

Ve zde předloženém popisu použitý termín "komplexní sloučeniny hliníku", respektive "komplexní sloučeniny hliníku obsahující...", je míněn tak, že buď zahrnuje široký výběr materiálů obsahujících hliník, které se typicky používají jako součást pokovovacích slitiny (zejména vysoce legovaných slitin), nebo představují složky, k jejichž vytváření dochází během provádění nebo po dokončení technologického postupu povlákání. Příklady takových materiálů, aniž by byl jejich výčet úplný, zahrnují hliník, komplexní sloučeniny hliníku s platinou, komplexní sloučeniny hliníku s niklem, komplexní sloučeniny hliníku s niklem a platinou, komplexní sloučeniny hliníku legované žáruvzdornými materiály, nebo slitiny, které obsahují jednu nebo více těchto sloučenin.

Přestože je návrh a realizace jednotlivých provedení předloženého vynálezu nasměrován na povlákání vnitřních povrchů, je za použití zde popisovaných technologických postupů možné uskutečňovat povlákání jak vnitřních, tak i vnějších povrchů příslušných substrátů. V předloženém popisu se použitým termínem "vnitřní povrch" substrátu míní takový povrch nebo část takového povrchu, který obecně není odkrytý, respektive přístupný z vnějšku, a který se zároveň nenachází na vnějším povrchu substrátu, v důsledku čehož je přístup k tomuto povrchu obtížný, neboli, jinak řečeno, zpracovávání nebo jakékoliv jiné ovlivňování tohoto povrchu z vnější strany substrátu je velmi obtížné a problematické. Bez ohledu na to, že uvedené vnitřní povrchy zahrnují dutiny a průchozí otvory nebo vrtání, představují charakteristické vnitřní povrchy, které se zpracovávají způsobem navrhovaným podle předloženého vynálezu, průchozí kanálky, nebo-li protáhlá průchozí vrtání, z nichž každé vykazuje jednak vstupní, vtokový otvor a jednak výstupní, výtokový otvor. Použitými termíny "vstupní otvor" a "výstupní otvor" se míní navzájem protilehlé, první a druhý, otvory průchozího kanálku, které jsou uspořádány na příslušných, navzájem opačných koncích tohoto průchozího kanálku. Uvedené termíny jsou z hlediska jejich použití v souladu s předloženým popisem pouze relativní a za tohoto stavu mohou být navzájem protilehle uspořádaným otvorům přiřazovány libovolně, v závislosti na tom kterém konkrétním uspořádání a bez ohledu na druh použitého plynu, který bude prostřednictvím těchto otvorů protékat skrze průchozí kanálek během funkčního pracovního cyklu příslušné dílčí komponenty zahrnující příslušný substrát. Tento substrát může vykazovat množství vnitřních průchozích kanálků, například takových průchozích kanálků, které se nachází v profilovaných součástech, zahrnujících oběžné lopatky, lopátkové čepele a trysky turbínového stroje.

Uvedený vnitřně uspořádaný průchozí kanálek vykazuje typicky vysoký štíhlostní poměr, a to takový štíhlostní poměr, jehož hodnota není zpravidla menší než 5, a charakteristicky není menší než přibližně 10. V souladu se specifickými provedeními předloženého vynálezu vykazuje tento štíhlostní poměr i hodnotu, která není menší než 20, přičemž není například menší než přibližně 40. Uvedený štíhlostní poměr je definovaný jako poměr délky vnitřního průchozího kanálku ku minimálnímu průřezovému rozměru tohoto průchozího kanálku. Vnitřní průchozí kanálek může vykazovat buď přímou, nebo zakřivenou tvarovou konfiguraci, přičemž posledně jmenovaná tvarová konfigurace zahrnuje komplexní několikanásobně zakřivené tvarové konfigurace, například takové, které představují serpentinovitě uspořádané průchozí kanálky. V takových případech je odpovídající délkou vnitřního průchozího kanálku skutečná délka trajektorie procházející středem příslušného průchozího kanálku, a nikoliv přímou vzdáleností mezi dvěma navzájem opačnými konci (tj. mezi vstupním a výstupním otvorem) tohoto průchozího kanálku, měřenou na přímce tyto konce spojující.

Termín "minimální průřezový rozměr", použitý v předloženém popisu, představuje nejmenší rozměr vnitřního průchozího kanálku měřený v jeho příčném průřezu. V případě průchozího kanálku prstencovité konfigurace je uvedeným minimálním průřezovým rozměrem nejmenší průměr tohoto průchozího kanálku, měřený v rozsahu celé jeho délky na příčném průřezu, který vykazuje nejmenší průřezovou plochu. V souladu s konkrétním provedením předloženého vynálezu vykazuje příslušný vnitřní průchozí kanálek obvykle prstencovitou konfiguraci, neboli, obecně řečeno, tento průchozí kanálek je v příčném průřezu kruhové konfigurace a vykazuje minimální průměr, jehož velikost se pohybuje v rozmezí přibližně 10 až 400 tisícín palce (cca

0,254 až 10,16 mm). Kromě toho typické vnitřní průchozí kanálky vykazují délku, jejíž velikost se pohybuje v rozmezí přibližně 3 až 30 palců (cca 76,2 až 762 mm), například v rozmezí přibližně 6 až 20 palců (cca 152,4 až 508 mm).

- 5 V souladu s konkrétním provedením předloženého vynálezu vyžaduje navrhovaný způsob vytváření povlakové vrstvy na vnitřním povrchu průchozího kanálku substrátu nanášení pěnové suspenze na vnitřní povrch průchozího kanálku v celém jeho rozsahu. Tato pěnová suspenze obsahuje materiál ve formě prášku suspendovaný v pěnovém nosiči. V předloženém popisu použitými termíny, pěnový "nosič" a "pěna" se míní kapalná látka, která je schopná tvořit shluky bublin.
- 10 Tyto bubliny přitom obsahují plyn, například okolní atmosférický vzduch nebo oxid uhličitý. Uvedenou pěnu je možné vytvořit třepáním nebo protřásáním kapalné látky, například organické pryskyřice, kterého výsledkem je zpracování této kapalné látky na pěnu s nízkou hustotou, přičemž skutečný objem pěny může řádově představovat 1, 5 až 10 násobek objemu výchozí kapalné látky před jejím zpěňováním. Alternativně může být touto pěnou komerčně dostupný produkt,
- 15 který se až do doby jeho praktické aplikace udržuje ve stlačeném stavu, a kterým je například běžně používaný pěnový těsnicí materiál na bázi polyurethanu. Obsahové složení pěnového nosiče se volí tak, aby během následně prováděného kroku tepelného zpracovávání bylo zajištěno v podstatě kompletní vypálení (a vytékání příslušných složek). Tento pěnový nosič by rovněž tak měl vykazovat, z fyzikálního hlediska, dobrou stálost a stabilitu, což, jinými slovy řečeno, znamená, že by měl v průběhu zpracovávání buď zachovávat výchozí, v něm obsažený objem plynu,
- 20 nebo, ještě lépe, tento objem plynu objem následně po aplikaci na vnitřní povrch substrátu zvyšovat (tj. samočinně iniciované expandování v okolním atmosférickém vzduchu). Důsledkem požadované stálosti a stability pěnového nosiče je během procesu vytváření povlakové vrstvy zajištění rovnoměrné distribuce prášku po celém povlakaném povrchu substrátu. Zmiňovaná kritéria splňují polyurethanové pěny, které jsou navíc schopné zvětšovat svůj objem prostřednictvím zachycování a pohlcování plynného oxidu uhličitého v objemu kapalné látky na bázi polyurethanu.

- Podle jednoho provedení předloženého vynálezu se suspenze pěnového prekurzoru nastříkáním nebo jiným způsobem nanese na vnitřní povrch průchozích kanálků, načež tento pěnový prekurzor expanduje za vytvoření pěny pro příslušné povlečení substrátu odpovídající a rovnoměrně distribuovanou povlakovou vrstvou. Typicky je tímto pěnovým prekurzorem takový pěnový prekurzor, který expanduje samočinnou iniciací, například prostřednictvím chemické reakce tohoto pěnového prekurzoru, během které dochází k vytváření a následnému pohlcování bublin plynu.
- 35 Například, podle jednoho provedení předloženého vynálezu, reaguje pěnový prekurzor s vodní párou. Použitým práškem je typicky kovový prášek, ačkoli je při určitých aplikacích možné pro uvedené účely použít i nekovový prášek, například keramický materiál. Podle specifického provedení předloženého vynálezu je tímto kovovým práškem kovový prášek na bázi hliníku používaný pro vytváření, na příslušných površích dílčích komponent turbínových strojů, povlakové vrstvy na bázi komplexních sloučenin hliníku. Hliníkový prášek vykazuje charakteristicky průměrnou velikost částic (d_{50}), jejíž hodnota se pohybuje v rozmezí přibližně cca 1 až cca 75 tisícín milimetru, například v rozmezí přibližně cca 1 až cca 20 tisícín milimetru. V jednom konkrétním provedení vykazuje tento prášek průměrnou velikost částic o hodnotě asi 7 tisícín milimetru. Zavádění hliníkového prášku do pěnové suspenze se může uskutečňovat v různém vzájemném poměru (tj. různý procentuální podíl hliníkového prášku, vztaženo na celkovou hmotnost a to v závislosti na požadovaných reologických vlastnostech pěnové suspenze, požadované tloušťce vytvořené povlakové vrstvy, a dalších specifických požadavcích. V dalším konkrétním provedení se tento hliníkový prášek před jeho smícháváním s pěnovým nosičem do pěny, za účelem zabránění jeho nežádoucího aglomerování během uvedeného smíchávání s pěnovým
- 50 nosičem, nachází ve formě kašovitě suspenze. Takto, podle jednoho provedení předloženého vynálezu obsahuje tato kašovitá suspenze přibližně 30,0 až 45,0 % hmotn. hliníkového prášku rozptýleného ve vodném roztoku. Kromě toho může tato kašovitá suspenze obsahovat některé další doplňkové prášky, například křemíkový prášek, a to v množství pohybujícím se v rozmezí přibližně 2,0 až 8,0 % hmotn. V jednom konkrétním provedení obsahuje zmiňovaný vodný roz-

tok dále chroman a fosforečnan. Konkrétněji řečeno, příslušná kašovitá suspenze obsahuje přibližně 1,0 až 6,0 % hmotn. chromanu, a přibližně 15,0 až 25,0 % hmotn. fosforečnanu. V jiném alternativním konkrétním provedení je uvedenou kašovitou suspenzí bezvodá kašovitá suspenze, což, konkrétně řečeno, znamená, že namísto kapalného média na bázi vody obsahuje organické kapalně 5 médium, ve kterém je rozptýlený kovový prášek. Příklady takových organických kapalných médií zahrnují toluen, aceton, různé xyleny (dimethylbenzeny), alkany, alkeny, a jejich deriváty. Typičtějším, respektive více používaným postupem přípravy pěnové suspenze je postup, při kterém se hliníkový prášek smíchává s pěnou přímo. Tento hliníkový prášek je v pěně obvykle obsažený v množství pohybujícím se v rozmezí přibližně 1 až 20 dílů hmotnostních na 10 10 dílů hmotnostních pěny.

Vytvořená pěnová suspenze se může na vnitřní povrch nebo povrchy nanášet za použití různých technologických postupů. Manuální technologické postupy za použití různých mechanických prostředků, například tlakové pistole injekčního typu na tmelení spár, prostřednictvím které se 15 pěnová suspenze pod tlakem dává a vstříkují, za jeho plnění, do vnitřního průchozího kanálku. Charakteristickým rysem tohoto postupu je, že se pěnový nosič nejdříve smíchává s kovovým práškem za vytvoření pěnové suspenze, a takto vytvořená pěnová suspenze se následně zavádí do příslušných dávkovacích prostředků. Alternativně je rovněž tak možné připravit pěnovou suspenzi smícháním pěnového nosiče a kovového prášku předem a udržovat tuto připravenou suspenzi pod tlakem v aerosolové nádobě. V tomto případě dochází v důsledku rozdílu velikosti tlaku okolního atmosférického vzduchu a tlaku v nádobě při uvedení ventilu nádoby do otevřené polohy k expandování pěny v nádobě obsažené a k jejímu následnému dávkování za vynášení kovového prášku v této pěně suspendovaného. Další zvyšování efektivity vytváření povlakové vrstvy může být realizováno prostřednictvím použití pěnového nosiče, jeho přítomnost způsobuje 25 zvětšování objemu (zvětšování objemu plynu) jako funkce teploty a/nebo času. Po nadávkování pěnové suspenze do vnitřního průchozího kanálku se typicky do tohoto kanálku zavádí plyn, například stlačený plyn ze zdroje stlačeného plynu, jehož prostřednictvím se uskutečňuje rozvádění pěnové suspenze do celého rozsahu průchozího kanálku. V ostatních případech jsou vlastní tlak uvolňovaný z pěnové suspenze, v kombinaci se zpěňovacími schopnostmi pěnové suspenze 30 samočinně iniciovat její expandování, pro účely vytváření vyhovující a rovnoměrně distribuované povlakové vrstvy v průchozím kanálku postačující.

Konkrétní detaily technologického postupu vytváření povlakové vrstvy na povrchu průchozího kanálku se volí na základě několika parametrů, mezi které jsou zahrnuty minimální a maximální 35 velikost průřezové plochy průchozího kanálku, délka průchozího kanálku, požadovaná tloušťka povlakové vrstvy na bázi kovu, a dále povrchové napětí, viskozita, a ostatní reologické vlastnosti pěnové suspenze.

Po nanesení povlakové vrstvy na určený povrch se pěnová suspenze za účelem uspíšení odpaření kapalného média z této suspenze a vytvoření kov obsahující povlakové vrstvy vysouší nebo vytvrzuje. Toto vysoušení (nebo vytvrzování) se může uskutečňovat při pokojové teplotě, ačkoli se zpravidla, z důvodu snižování celkové doby vysoušení až na dobu řádově několik minut, provádí při zvýšených teplotách. V případě použití pěnového nosiče na bázi organické pryskyřice, například polyurethanové pryskyřice, se pěnová suspenze před dalším zpracováním vytvrzuje. 45 Vysoušení nebo vytvrzování se může také uskutečňovat během, jako jeho součást, technologického postupu spékání nebo vypalování, při kterém se z důvodu vyhovění požadavkům na dosažení odpovídajícího vysoušení uplatňuje buď pomalý počáteční nárůst teploty, nebo udržování teploty na určité zvolené hodnotě.

50 Tloušťku povlakové vrstvy je možné přizpůsobovat nebo modifikovat prostřednictvím vhodného nastavování koncentrace hliníkového prášku v pěnovém nosiči, například tak, že se tato koncentrace pohybuje v rozmezí přibližně 1 až 20 dílů hmotnostních hliníkového prášku na 10 dílů hmotnostních pěny. V alternativním řešení je možné za účelem zvětšování tloušťky naneseného materiálu provádět nastříkávání pěny na určený povrch několikrát za sebou. Při tomto postupu

musí být, zpravidla, po každém realizovaném nanesení jedné vrstvy pěny, respektive mezi jednotlivými kroky nastříkávání, z důvodu přizpůsobení se podmínkám následujícího nastříkávání pěny, umožněno proběhnutí odplynění vytvořené vrstvy. Podle jednoho provedení následuje po každém nastříkávání pěny a umožnění proběhnutí odplynění vytvořené vrstvy tepelné zpracová-
 5 vání. Při použití takového postupu zpracování představuje pak každá aplikace kombinace uvedených technologických kroků (tj. nastříkávání pěny, odplynění vytvořené vrstvy, a tepelné zpracová-
 10 vání) ve svém výsledku účinné zvětšování tloušťky povlakové vrstvy o hodnotu rovnající se přibližně tloušťce výchozí povlakové vrstvy. Takto, na základě uvedených skutečností, například postupná aplikace třech kombinací uvedených technologických kroků poskytuje jako výsledek vytvoření povlakové vrstvy vykazující tloušťku, jejíž velikost představuje přibližně trojnásobek
 15 výchozí tloušťky povlakové vrstvy (jinými slovy, tloušťka povlakové vrstvy je 3x větší). Takové několikeré opakování příslušné kombinace technologických kroků je výhodné zejména pro určité aplikace, například pro aplikace týkající se vytváření povlakové vrstvy na bázi komplexních sloučenin hliníku v kombinaci s dílčí komponentou turbínového stroje. V tomto případě vykazuje
 20 povlaková vrstva charakteristicky průměrnou tloušťku, jejíž velikost není obvykle menší než přibližně 0,5 tisícín palce (přibližně 0,0127 mm), a která se pohybuje například v rozmezí přibližně 0,5 až 10 tisícín palce (přibližně 0,0127 až 0,254 mm).

Dalším krokem navrhovaného způsobu, následujícím po vysoušení nebo vytvrzování je podrobení nanesenou vrstvou opatřeného substrátu tepelnému zpracovávání za účelem spékání nebo
 20 vypalování povlakové vrstvy, čehož výsledkem je zvýšení hustoty této povlakové vrstvy. Při tomto tepelném zpracovávání dochází s výhodou k vytvoření vyhovující a rovnoměrně distribuované povlakové vrstvy, která je adhezně přilnutá nebo překrývá v podstatě úplně celou plochu povrchu, na kterém je tato povlaková vrstva nanesena, aniž by došlo k jakémukoliv nežádoucímu
 25 blokování vnitřního průřezu, a aniž by takto vytvořená vrstva vykazovala nějaké podstatné rozdíly, co se týče velikosti její tloušťky. Například, podle jednoho provedení, vykazuje takto vytvořená, rovnoměrně distribuovaná povlaková vrstva vykazuje tloušťku, jejíž velikost se pohybuje v rozmezí přibližně od 0,4 do 5,0 tisícín palce (přibližně od 0,01016 do 0,127 mm). Tato rovnoměrně distribuovaná povlaková vrstva je typicky povlakovou vrstvou na bázi kovu, ve které
 30 kovová složka představuje jedinou složku, která je v povlakové vrstvě, vztaženo na celkovou hmotnost, obsažená v největším hmotnostním množství, nebo ve které několik různých kovových složek představuje souhrn složek, který je v povlakové vrstvě, vztaženo na celkovou hmotnost, obsažený v největší hmotnostní množství. Uvedené kovové složky zahrnují jak kovové prvky, tak i kovové slitiny. Pro vytváření difúzního povlakové vrstvy na dílčích komponentách turbínových
 35 strojů je velmi výhodné použít povlakovou vrstvu na bázi hliníku.

V případě použití pryskyřičného pěnového nosiče na bázi pryskyřice se tato pryskyřice vypaluje nebo se nechává vytékat. Teplota aplikovaná při tepelném zpracovávání je velkou měrou závislá
 40 jednak na konkrétním, pro vytváření povlakové vrstvy použitém materiálu, a jednak na prostředí, ve kterém bude povlakovou vrstvou opatřený substrát aplikovaný. V případě použití organické pryskyřice, například polyurethanové pryskyřice může být pro tento účel použita teplota pohybující se řádově v rozmezí 300 až 600 °C.

V dalším kroku navrhovaného způsobu, který představuje buď součást tepelného zpracovávání, jehož účelem je vypalování povlakové vrstvy, nebo následuje po kroku tepelného zpracovávání, může být vytvořená povlaková vrstva podrobena difúznímu zpracovávání za vytvoření difúzní
 45 povlakové vrstvy, nebo, přesněji řečeno, „vysokoteplotní“, respektive za vysokých teplot odolné difúzní povlakové vrstvy na bázi komplexních sloučenin hliníku. Typické teploty používané při difúzním zpracovávání nejsou zpravidla menší než 1600 °F (870 °C), přičemž se tyto teploty
 50 charakteristicky pohybují například v rozmezí přibližně od 1800 do 2100 °F (přibližně od 982 do 1149 °C). Shora zmiňované difúzní povlakové vrstvy poskytují a zaručují docílení vysoké odolnosti dílčích komponent turbínového stroje proti oxidaci za vysokých teplot a proti účinkům korozního působení. Aplikovaná zvýšená difúzní teplota způsobuje tavení hliníku a jeho difundování do pod povlakovou vrstvou se nacházejícího povrchu substrátu za vytváření různých

intermetalických fází. Takže, v případě zpracovávání substrátu vytvořeného z vysoce legované slitiny na bázi niklu difunduje do povrchu tohoto substrátu hliník obsažený v povlakové vrstvě a váže se s niklem za vytváření různých slitin na bázi komplexních sloučenin hliníku s niklem. V některých provedeních předloženého vynálezu se ještě před vlastním nanášením kašovité suspenze na bázi hliníku na substrát za použití shora popsaného navrhovaného technologického postupu, na příslušné povrchy nanáší vrstva drahého kovu, například takového jako je platina. V tomto případě se pak difundující hliník váže jednak s platinou za vytváření intermetalických fází komplexních sloučenin hliníku s platinou, jakož i s niklem za vytváření intermetalických fází komplexních sloučenin hliníku s niklem a intermetalických fází komplexních sloučenin hliníku s platinou a niklem.

Následně uvedená příkladná provedení jsou zamýšlená pouze jako ilustrativní, a neměly by tudíž z jejich popisu být vyvozovány žádné závěry, které by jakýmkoliv způsobem mohly vést k omezení nárokováného rozsahu předloženého vynálezu. Jako teoretický model vnitřních průchozích kanálků, které se charakteristicky nacházejí v příslušném zpracovávaném substrátu, například takovém jako je dílčí komponenta turbínového stroje, zahrnující profilované součásti, jsou v následujících příkladných provedeních použity trubkové kusy a plný blokový kus.

20 Příklad 1

Kašovitá suspenze na bázi hliníku byla ručně smíchána s polyurethanovou pěnou v hmotnostním poměru 10:10 za vytvoření pěnové suspenze. Jako kašovitá suspenze na bázi hliníku byla použita suspenze dodávaná na trh firmou CFI, Inc, pod obchodním označením Alseal® 625. Jako polyurethanová pěna byl použit materiál, který se dodává na trh pod obchodním označením Great Stuff®, který se obvykle používá pro izolační aplikace v domácnosti, a jehož dávkování byla provedena prostřednictvím aerosolové nádoby. Použitá kašovitá suspenze vykazovala jmenovité složení obsahující, v procentech hmotnostních, 37,7 % hliníku Al, 4,2 % křemíku Si, a 58,1 % roztoku chromanu a fosforečnanu. Smícháním vytvořená pěnová suspenze byla vstřikováním aplikována do dutiny 20 serpentinovité konfigurace hliníkového plného blokového kusu 10, vykazující jmenovitý průměr 125 tisícín palce (3,175 mm) a délku 6 palců (152,4 mm); viz znázornění na připojeném obrázku. Kromě toho byla pěnová suspenze současně vstřikováním aplikována do trubkového kusu z ušlechtilé antikorozi oceli, vykazujícího jmenovitý průměr 105 tisícín palce (2,667 mm) a délku 6 palců (152,4 mm). Uvedená dutina serpentinovité konfigurace plného blokového kusu a uvedená dutina trubkového kusu byly použity pro účely modelování chování povlakové vrstvy na povrchu příslušné dílčí komponenty turbínových strojů, například na povrchu vnitřních průchozích kanálků profilované součásti. Nanášení pěnové suspenze bylo provedeno za použití tlakové stříkací pistole pro tmelení spár a to naplněním jejího zásobníku příslušným množstvím nanášené suspenze a následným injektováním, prostřednictvím stisknutí spouště stříkací pistole a uvolnění uzavíracího ventilu, pěnové suspenze do příslušné dutiny. Přezkoumání volně na vzduchu ponechaných vzorků pěnové suspenze ukázalo, že v časovém rozmezí 4 až 6 hodin a při pokojové teplotě dojde u této pěnové suspenze k 50 % zvětšení objemu.

Uvedené vzorky byly následně, za účelem vytvrzení polyurethanové pěny, ponechány v klidovém stavu při pokojové teplotě po dobu 1 hodiny, a poté podrobeny tepelnému zpracování při teplotě 500 °C, při kterém došlo k vytěkání a vypálení polyurethanu. Docílená výsledná povlaková vrstva vykazovala jmenovitou tloušťku přibližně 1 až 1,5 tisícín palce (25,4 až 38,1 mm). Proces zpracování povlakové vrstvy skutečně dílčí komponenty turbínových strojů by zpravidla pokračoval dalšími kroky, například takovými jako je zpracování hliníku difúzí za vysokých teplot.

Příklad 2

Ručním smícháním hliníkového prášku (s průměrnou velikostí částic 15 mikrometrů) a polyurethanové pěny v hmotnostních poměrech 10:10, 15:10, a 20:10 bylo připraveno několik pěnových suspenzí na bázi hliníku. Pěnová suspenze v poměru 10:10 vykazovala po uplynutí 2 hodin při pokojové teplotě, ve srovnání s výchozím objemem bezprostředně po smíchání, zvětšení objemu o 100 %. Pěnová suspenze v poměru 15:10 zvětšila po uplynutí 2 hodin při pokojové teplotě svůj objem oproti výchozímu o 30 až 35 %. Pěnová suspenze v poměru 20:10 nevykazovala žádné znatelné patrné zvětšení objemu.

Pěnová suspenze v poměru 15:10 byla za použití tlakovzdušného vstřikování při tlaku 30 psi (207 kPa) aplikována do dutiny trubkového kusu z ušlechtilé antikorozi oceli a do dutiny trubkového kusu z Inconelu (tj. slitina na bázi niklu). Následně byla tato pěnová suspenze vytvrzována při pokojové teplotě po dobu 1 hodiny. Každý z uvedených trubkových kusů byl poté podroben tepelnému zpracovávání vypalováním při teplotách 300 °C, 400 °C, a 500 °C. Během každého tepelného zpracovávání došlo k expandování pěnového nosiče vně trubkového kusu a jeho vytékání za současného vytvoření povlakové vrstvy na bázi hliníku se jmenovitou tloušťkou o velikosti 1 až 1,5 tisícin palce (25,4 až 38,1 mm).

20

Příklad 3

Pěnová suspenze v poměru 15:10 z Příkladu 2 byla vstřikováním aplikována do dutiny serpentinovité konfigurace popsané v Příkladu 1. Výsledná směs vykazovala po uplynutí doby 2 hodin vyhovující rovnoměrnou distribuci po úplně celém povrchu uvedené dutiny serpentinovité konfigurace.

Následující příklady jsou v podstatě shodné se shora uvedenými Příklady 1 až 3 až na to, že zahrnují použití povlakové vrstvy v kombinaci chemicky působícím aktivačním činidlem. Toto aktivační činidlo obsahuje látku, která v kombinaci s kovovými prvky, obvykle s hliníkem, pěnové suspenze, tvoří komplexní sloučeniny, a působí pro zlepšení rovnoměrnosti distribuce povlakové vrstvy. Má se za to, že uvedená komplexní sloučenina obsahující kovový prvek vytékává během difúzního zpracovávání za vysokých teplot, ukládá se na povlakové vrstvě a vykazuje relativně nízkou koncentrací kovového prvku. Toto chemicky působící aktivační činidlo obecně zahrnuje jako součást halogeny, například fluoridy, chloridy, jodidy, a bromidy, které jsou schopné v kombinaci s příslušným kovovým prvkem tvořit komplexní sloučeniny. Mezi konkrétní příklady takových aktivačních činidel patří AlF_3 , AlCl_3 , NH_4F , NH_4Cl , NH_4Br , a NH_4I . HF . Uvedená aktivační činidla tvoří s hliníkem komplexní sloučeninu AlX_3 , kde X představuje příslušný halogen. Použití aktivačního činidla může kromě shora uvedeného poskytovat zajištění čistícího účinku v rozsahu celého zpracovávaného povrchu. Aktivační činidlo se obvykle přidává ve fázi technologického postupu ještě před uskutečňováním difúzním zpracováváním za vysokých teplot, a to buď difúzního zpracovávání pěnové suspenze, nebo difúzního zpracovávání prováděného následně po kroku vypalování pěnového nosiče.

45

Příklad 4

Trubka ze slitiny Rene[®]N5 o vnitřním průměru 0,300" (7,62 mm) a tloušťce stěny 0,050" (1,27 mm) byla odříznuta na trubkový kus o délce přibližně 2" (50,8 mm), který byl následně po dobu 5 minut podroben odmašťování v lázni izopropylalkoholu a nakonec vysušen na vzduchu. Tento trubkový kus byl pak podroben přehřevu na elektrické topné plotně na teplotu přibližně 100 °C. 15 g hliníkového prášku s velikostí částic pod 400 mesh bylo smícháno s 10 g polyurethanové pěny z Příkladu 1 za vytvoření pěnové směsi. Takto vytvořená směs byla prostřednictvím injekční stříkačky a příslušné koncové jehlové trysky za tlaku 40 psi (276 kPa) aplikována

do vnitřní dutiny trubkového kusu. Po vytvrzování po dobu 30 minut, během kterého směs hliníkový prášek/polyurethanová pěna expandovala a vyplnila dutinu trubkového kusu, byl tento trubkový kus podroben vypalování při teplotě 550 °C po dobu 2 hodiny na vzduchu, čehož výsledkem bylo vytvoření povlakové vrstvy hliníku na vnitřním povrchu jeho dutiny. Poté bylo do dutiny trubkového kusu zavedeno chemicky působící aktivační činidlo. Jako aktivační činidlo byl použit roztok 75 g NH_4Cl rozpuštěný ve 250 cm^3 destilované vody při teplotě 250 °C, který byl do dutiny trubkového kusu zaveden vstřikováním. Nadbytek aktivačního činidla byl odstraněn, a trubkový kus byl vysušen při teplotě 120 °C za vytvoření povrchového filmu NH_4Cl na povrchu vnitřní dutiny trubkového kusu. Poté byl tento trubkový kus podroben tepelnému zpracovávání při teplotě 1121 °C (2050 °F) po dobu 2 hodiny v atmosféře argonu, jehož účelem je vytvoření difúzní povlakové vrstvy. Během tepelného zpracovávání byly konce trubkového kusu z důvodu minimalizace ztráty aktivačního činidla překryty a uzavřeny grafitovou fólií. Analýza mikrofotografických snímků ukázala, že chemicky působící aktivační činidlo přispívá ke a je jednou z příčin zlepšení rovnoměrnosti distribuce tloušťky vytvořené povlakové vrstvy.

Příklad 5

Odmašťování, vysoušení na vzduchu a následnému předehřevu způsobem stejným jako v předcházejícím případě byl podroben další kus trubky ze slitiny Rene®N5, načež byla do jeho vnitřní dutiny vstřikováním aplikována dále popsaným způsobem vytvořená a zpracovávaná směs hliníkového prášku a polyurethanové pěny obsahující chemicky působící aktivační činidlo. 15 g hliníkového prášku s velikostí částic 400 mesh bylo smícháno s 10 g polyurethanové pěny z Příkladu 4 za vytvoření pěnové směsi. Do takto vytvořené směsi bylo jako aktivační činidlo přidáno 1,5 g AlF_3 v práškové formě. Získaná směs byla zavedena do dutiny trubkového kusu, a podrobena vytvrzování a následně vypalování při teplotě 550 °C po dobu 2 hodiny na vzduchu. Trubkový kus byl poté podroben tepelnému zpracovávání při teplotě 1121 °C (2050 °F) po dobu 2 hodiny v atmosféře argonu za účelem vytvoření difúzní povlakové vrstvy. Konce trubkového kusu podrobované tepelnému zpracovávání byly za účelem udržování obsahu AlF_3 v dutině trubkového kusu a minimalizace jeho ztráty během tohoto zpracovávání překryty a uzavřeny grafitovou fólií. Analýza mikrofotografických snímků ukázala, že chemicky působící aktivační činidlo přispívá a je jednou z příčin zlepšení rovnoměrnosti distribuce tloušťky vytvořené povlakové vrstvy.

Příklad 6

Profilovaná turbínová lopatka byla podrobena odmašťování v lázni izopropylalkoholu po dobu 5 minut, vysoušení na vzduchu, a následnému předehřevu na elektrické topné plotně za podpory ohřívacího světelného zdroje na teplotu přibližně 100 °C. 15 g hliníkového prášku s velikostí částic pod 400 mesh bylo důkladně smícháno s 10 g polyurethanové pěny a 1,5 g AlF_3 jako aktivačního činidla za vytvoření směsi. Takto vytvořená směs byla vstřikováním za tlaku 276 kPa (40 psi) aplikována do třech v profilované lopatce vytvořených vnitřních průchozích kanálků. Pro účely zajištění úplného povlečení povrchů všech vnitřních průchozích kanálků, vykazujících formu aerodynamických dutin serpentinovité konfigurace, bylo vstřikování uvedené směsi provedeno v několika po sobě následujících aplikacích, přičemž každá aplikace trvá 10 sekund s tím, že v případě vnitřních průchozích kanálků na zadní odtokové hraně (TE) profilované lopatky byly použity 2 aplikace, v případě vnitřních průchozích kanálků ve středové oblasti profilované lopatky byly použity 2 aplikace, a v případě vnitřních průchozích kanálků na přední náběžné hraně (LE) profilované lopatky byly použity 3 aplikace. Po vytvrzování nanesené vrstvy směsi po dobu 30 minut byla profilovaná lopatka podrobena vypalování v peci při teplotě 550 °C po dobu 2 hodiny. Po následném očištění vnějšího povrchu lopatky byla tato lopatka podrobena tepelnému zpracovávání při teplotě 1121 °C (2050 °F) po dobu 2 hodiny v atmosféře argonu, jehož účelem je vytvoření difúzní povlakové vrstvy. Analýza mikrofotografických snímků ukázala,

že chemicky působící aktivační činidlo přispívá a je jednou z příčin zlepšení rovnoměrnosti distribuce tloušťky vytvořené povlakové vrstvy.

5 Příklad 7

Stejnému odmašťování a vysoušení jako v předcházejícím případě byl podrobena další profilovaná turbínová lopatka, která byla poté podrobena přehřevu na teplotu přibližně 80 °C. Současně byla, prostřednictvím důkladného smíchání 5 g hliníkového prášku s velikostí částic pod 400 mesh s 10 g polyurethanové pěny, připravena směs hliníkového prášku a polyurethanové pěny. Tečení a expandování této směsi je rychlejší a snadnější než tečení a expandování směsi sestávající z 15 g hliníkového prášku a 10 g polyurethanové pěny použité v předcházejících Příkladech. Za tohoto stavu stačila pro zajištění kompletního povlečení k opatření povlakovou určených povrchů pouze jediná aplikace nanášení směsi na příslušné povrchy vnitřních průchozích kanálků za tlaku 30 až 40 psi (liber na čtvereční palec), což bylo prokázáno průchodem této směsi skrze všechny kanálky chladicího systému. Po vytvrzování nanesené směsi po dobu 30 minut byla tato profilovaná lopatka podrobena vypalování při teplotě 550 °C po dobu 2 hodiny, a po tomto vypalování byl do příslušných vnitřních průchozích kanálků jako aktivační činidlo a v podstatě stejným způsobem jako v Příkladu 4 aplikován NH_4Cl . Tato lopatka pak byla ponořena do 30 % roztoku NH_4Cl ve vodě a následně několikrát za sebou vyzvednuta a opětně ponořena za účelem jejího mnohem kompaktnějšího a dokonalejšího smočení. Po následném odčerpání nadměrného množství aktivačního činidla byla tato lopatka podrobena vysoušení při teplotě 120 °C po dobu přibližně 10 minut. Po otření zbytků aktivačního činidla NH_4Cl , nacházejících se kolem okrajů kanálků chladicího systému byla profilovaná lopatka podrobena tepelnému zpracovávání difúzí při teplotě 2050 °F po dobu 2 hodiny v atmosféře argonu. Připojený obrázek představuje typický mikrofotografický snímek povlakové vrstvy, ze kterého může být seznatelné, že tato povlaková vrstva vykazuje, ve srovnání s kontrolními vzorky profilované součásti z Příkladu 4, mnohem rovnoměrnější distribuci z hlediska tloušťky a podstatně nižší výskyt povrchových defektů a vad.

Další příklady

Hliníkové prášky, vykazující různou velikost částic, pohybující se v rozmezí od pod 325 mesh do 4 μm , byly podrobeny zkušebnímu testování jednak v kombinaci s trubkovými kusy, a jednak v kombinaci s profilovanými lopatkami, přičemž zjištěné výsledky byly v podstatě srovnatelné nebo téměř shodné jako v případech použití hliníkového prášku s velikostí částic pod 400 mesh, popsáných v Příkladech 4 až 7.

Ve shora uvedeném popisu bylo popsáno množství navzájem odlišných provedení předloženého vynálezu. Nicméně, popis těchto provedení je míněn pouze jako ilustrativní a v žádném případě by tento popis neměl představovat žádné omezení jeho nárokováného rozsahu. Například, i přes to, že se shora uvedený popis technologického postupu povlékání a vytváření povlakových vrstev týkal pouze vnitřních povrchů, je možné tento technologický postup použít i pro povlékání a vytváření povlakových vrstev na vnějších površích. V tomto případě se příslušný substrát obvykle umístí do k tomu zvolené formy tak, že se mezi vnějším povrchem substrátu, který má být opatřen povlakovou vrstvou, a vnitřním povrchem dutiny formy nachází určitá mezera. Následná aplikace pěny nebo pěnového prekursoru včetně v nich suspendovaného kovového prášku vstřikováním pokračuje způsobem shodným se shora podrobně popsáním způsobem pro povlékání vnitřních povrchů. Mezera nacházející se mezi stěnou dutiny formy a substrátem zajišťuje průchozí cestu pro šíření a expandování aplikované pěny nebo pěnového prekursoru. Kromě toho může osoba obeznámená se stavem techniky na základě shora popsáných skutečností odvodit ještě různá další přizpůsobení, modifikace, úpravy a alternativní provedení, aniž by došlo k

odchýlení se od podstaty a nárokovaného rozsahu předloženého vynálezu, vymezeného v připojených patentových nárocích.

5

PATENTOVÉ NÁROKY

- 10 1. Způsob povlékání povrchu vnitřních průchozích kanálků dílčí komponenty turbínového stroje, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zahrnuje kroky:
opatření dílčí komponenty turbínového stroje s vnitřními průchozími kanálky určenými k povlékání;
povlékání povrchu uvedených vnitřních průchozích kanálků pěnovou suspenzí obsahující v pění
15 suspendovaný hliníkový prášek;
tepelné zpracovávání pěnové suspenze při teplotě, při které dochází k vytékávání pěny za vytváření povlakové vrstvy na povrchu vnitřních průchozích kanálků;
a
podrobování substrátu difúznímu zpracovávání, při kterém dochází k difundování hliníku do sub-
20 strátu.
2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že difúzní zpracovávání se provádí při teplotě, jejíž velikost není menší než 870 °C.
- 25 3. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že pěna zahrnuje organickou pryskyřici se samočinnou iniciací expandování.
4. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že povlékání má průměrnou tloušťku větší než 12,5 μm po tepelném zpracování.
- 30 5. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že povrch určený k povlékání se povléká pěnovým prekurzorem obsahujícím v něm suspendovaný prášek, přičemž tento pěnový prekurzor expanduje za vytváření uvedené pěny.
- 35 6. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že pěnová suspenze obsahuje 1 až 20 dílů hmotnostních hliníkového prášku na 10 dílů hmotnostních pěny.
7. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že hliníkový prášek vykazuje průměrnou velikost částic pohybující se v rozmezí od 1,0 do 15 μm.
- 40 8. Způsob podle nároku 3, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že organická pryskyřice zahrnuje polyurethan.
9. Způsob podle nároku 1, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že velikost uvedené teploty se pohybuje v rozmezí od 300 do 600 °C.
- 45

50

Konec dokumentu
