

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRUMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2001-2549**
(22) Přihlášeno: **12.07.2001**
(30) Právo přednosti: **12.07.2000** US 09/614248
(40) Zveřejněno: **15.05.2002**
(Věstník č. 5/2002)
(47) Uděleno: **21.12.2011**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **01.02.2012**
(Věstník č. 5/2012)

(11) Číslo dokumentu:

302 983

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
C23C 26/00 (2006.01)
B23K 1/00 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:

US 5549927; US 4325754; US 3847559; US 5666643.

(73) Majitel patentu:

GENERAL ELECTRIC COMPANY, Schenectady, NY,
US

(72) Původce:

Hasz Wayne Charles, Pownal, VT, US
Sangeeta D (NMN), Cincinnati, OH, US

(74) Zástupce:

JUDr. Otakar Švorčík, Hálkova 2, Praha 2, 12000

(54) Název vynálezu:

**Způsob aplikování vazebního povlaku odolného
při vysokých teplotách, a s tímto způsobem
související kašovitá suspenze a výrobky**

(57) Anotace:

Na substrát na bázi kovu, například vysoce legované slitiny, se nanáší kašovitá suspenze, která obsahuje pájecí materiál a těkavou složku. Tato kašovitá suspenze může zahrnovat materiál vazebního povlaku nebo může být materiál vazebního povlaku na substrát aplikován následně, v tuhé formě nebo ve formě druhé kašovitě suspenze. Kašovitá suspenze a materiál vazebního povlaku jsou poté podrobeny vysoušení a natavování na substrát. Pájecí materiál může obsahovat např. nikl, kobalt, železo, drahé kovy a slitiny těchto kovů, popř. s přísadou křemíku nebo bóru, materiál vazebního povlaku může obsahovat např. sloučeniny hliníku MCrAlX, kde M je železo, nikl nebo kobalt a X je yttrium, tantal, křemík, hafnium, titan, zirkon, bór nebo uhlík.

CZ 302983 B6

Způsob aplikování vazebního povlaku odolného při vysokých teplotách, a s tímto způsobem související kašovitě suspenze a výrobky

5 Oblast techniky

Předložený a zde dále popsany vynález se obecně týká vazebních povlaků a tepelně-bariérových povlaků nanesených na substrátech na bázi kovů. Těmito substráty na bázi kovů jsou v řadě případů části nebo úseky dílčích součástí turbínových zařízení. Předložený vynález se rovněž týká nanášení těchto povlaků na substrát.

Dosavadní stav techniky

15 Uvedené dílčí součásti, které jsou vytvořené ze specifických materiálů, například vysoce legovaných slitin, se používají v různých průmyslových aplikacích, a jsou funkčně činné za různých provozních podmínek. V řadě případů jsou uvedené dílčí součásti opatřené povlaky nebo povlakovými systémy, které těmito dílčím součástem poskytují příslušné charakteristické vlastnosti, například odolnost vůči oxidaci, odolnost vůči korozi, odolnost vůči působení vysokých teplot (žárovzdornost), a odolnost vůči opotřebení. Pro ilustraci, různé dílčí součásti turbínových zařízení, které jsou při provozním chodu schopné snášet pracovní teploty, jejichž velikost se pohybuje v rozmezí přibližně 1100 až 1150 °C, jsou často opatřené tepelně-bariérovými povlaky (TBC povlaky) účinně zvyšujícími teplotu, při které mohou tyto součásti pracovat.

25 Většina TBC povlaků jsou povlaky na bázi keramických materiálů, například povlaky na bázi materiálu jako je zirkon (oxid zirkoničitý), který je obvykle chemicky stabilizovaný dalším materiálem, například takovým jako je oxid yttritý. V případě tryskových proudových motorů se takové povlaky aplikují na různé povrchy z vysoce legovaných slitin, například na povrchy takových dílčích součástí jako jsou turbínové lopatky a jejich části, součásti vnitřního vyložení spalovací komory, a trysky spalovací komory. Obvykle se tyto keramické TBC povlaky nanášejí na mezilehlou vazební povlakovou vrstvu (v některých případech označovanou jako „vazební povlaková vrstva“ nebo jako „vazební povlak“), která byla předtím nanesená přímo na povrch kovové součásti, neboli substrátu na bázi kovu. Tento vazební povlak je ve většině případů rozhodující z hlediska zdokonalení adhezní přilnavosti mezi substrátem na bázi kovu a TBC povlakem.

35 Účinnost ochrany součástí TBC povlakem se často měří počtem tepelných zatěžovacích cyklů, kterému je tento povlak schopný odolávat než dojde k jeho odštěpení z povrchu substrátu, který má chránit. Všeobecně řečeno, účinnost příslušného povlaku nebo povlakového systému se snižuje se zvyšující se teplotou, která na tento povlak nebo povlakový systém působí. Selhání funkce TBC povlaku se v řadě případů přisuzuje snížení jeho odolnosti nebo vzniku defektů souvisejících do jisté míry s jakostí vazebního povlaku, například mikrostruktury tohoto vazebního povlaku. Příčinou selhání funkce TBC povlaku mohou rovněž tak být vady na rozhraní vazebního povlak/substrát nebo na rozhraní vazební povlak/TBC povlak.

45 Mikrostruktura vazebního povlaku je většinou determinovaná technologií použitou pro nanášení tohoto povlaku. Volba technologického postupu pro nanášení povlaku je zase, alespoň částečně, závislá na podmínkách požadovaných pro aplikování příslušného ochranného překrývacího povlaku. Pro ilustraci, u řady TBC povlaků se z důvodu docílení účinné adhezní přilnavosti k substrátu obvykle vyžaduje velmi hrubý povrch vazebního povlaku (například: střední kvadratická hodnota drsnosti povrchu (R_a) větším než asi 5 mikrometrů (200 miliontin palce). Pro zajištění vytvoření povrchu s takovou drsností se často používá technologie plazmatického nastřikování ve vzduchové atmosféře (APS).

55 Ve stávajícím stavu techniky neustále přetrvává potřeba vazebních povlaků, které jsou schopné poskytovat velmi dobrou adhezní přilnavost mezi substrátem a následně aplikovaným TBC

povlakem, například vazební povlaky s poměrně hrubým povrchem. Kromě toho je velká pozornost také soustředěna na nové způsoby aplikování a na vytvrzování takových povlaků v oblastech substrátu, které jsou obtížněji přístupné. (Běžně používaná zařízení pro provádění tepelného nastřikování jsou z tohoto hlediska v určitých případech rozměrově příliš velká a těžkopádná.)

5 Kromě toho by měl povlakový systém tepelné ochranné bariéry (povlakový systém TBC) – tj. kombinace vazebního povlaku s TBC povlakem – jako celek během jeho vystavení působení vysokých teplot a opakovaným tepelným zatěžovacím cyklům vykazovat dobrou strukturální integritu. Takový systém by měl být dále dostatečně účinný z hlediska ochrany dílčích součástí používaných v aplikacích, ve kterých je nezbytná vysoká odolnost, například součástí z vysoce

10 legovaných slitin, vystavených během jejich provozní činnosti působení vysokých teplot a opakovaným tepelným zatěžovacím cyklům.

Podstata vynálezu

15 Těchto cílů je podle tohoto vynálezu dosaženo způsoby podle nároků 1, 26 a 28 a kašovitou suspenzí podle nároku 30. Výhodná provedení jsou předmětem závislých patentových nároků.

První provedení předloženého vynálezu je orientované na způsob aplikování vazebního povlaku na substrát na bázi kovu, přičemž tento způsob zahrnuje následující kroky:

20

a) aplikování kašovité suspenze, která obsahuje pájecí materiál, na substrát, přičemž uvedená kašovitá suspenze dále obsahuje tekavou složku;

25 b) aplikování vazebního povlaku na substrát;

c) vysoušení kašovité suspenze a vazebního povlaku za podmínek postačujících pro odstranění alespoň části tekavé složky; a

30 d) natavování pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku na substrát.

Použitým pájecím materiálem je obvykle materiál na bázi niklu, kobaltu, nebo železa. Použitým materiálem vazebního povlaku je většinou materiál typu „MCrAlX“ nebo karbidy kovů, jejichž podrobnější popis bude uvedený dále.

35

Pro účely aplikování vazebního povlaku jsou podle předloženého vynálezu navrženy různé postupy. Jedním z těchto postupů představuje způsob založený na kombinování materiálu vazebního povlaku a pájecího materiálu s rozpouštědlem a jednou nebo více přísadami, který je popsán dále. Takto vytvořená kombinovaná směs kašovité suspenze se pak může na substrát nanášet za použití různých technologických postupů, například nanášení litím, natírání štětcem, nebo nastřikováním. Podle jednoho alternativního provedení zahrnuje kašovitá suspenze, aplikovaná na substrát v kroku (a), pouze pájecí materiál, ale nikoliv materiál vazebního povlaku, a podrobuje se důkladnému vysoušení za vytvoření syrového povlaku. Na tento syrový povlak se pak může aplikovat adhezní materiál, načež se na tento adhezní materiál, ještě před krokem natavování, aplikuje materiál vazebního povlaku ve formě částic. Podle dalšího alternativního provedení mohou být použity dvě samostatné, navzájem odlišné kašovité suspenze, a to jedna kašovitá suspenze obsahující pájecí materiál a druhá kašovitá suspenze obsahující materiál vazebního povlaku. Každá z těchto kašovitých suspenzí může kromě toho obsahovat dále popsané přísady. V tomto provedení se na substrát jako první nanáší kašovitá suspenze obsahující pájecí materiál, načež následuje nanášení kašovité suspenze obsahující materiál vazebního povlaku. Poté se nanášené kašovitě suspenze mohou podrobovat vysoušení a natavování na substrát. Na takto vytvořený vazební povlak se pak může volitelně aplikovat vrchní ochranný povlak. Tímto vrchním ochranným povlakem je obvykle používaný tepelně-bariérový povlak, například povlak na bázi oxidu zirkoničitého. Alternativně může být tímto vrchním ochranným povlakem povlak dalšího typu, například vůči opotřebení odolný povlak na bázi karbidů kovů.

40

45

50

55

Další provedení předloženého vynálezu je orientované na způsob nahrazování vazebního povlaku opatřeného na substrátu na bázi kovu, který bude podrobně popsán dále. Tento způsob obvykle zahrnuje následující kroky:

- (i) odstraňování stávajícího vazebního povlaku z vybrané oblasti povrchu substrátu;
- (ii) aplikování kašovité suspenze, která obsahuje pájecí materiál, na uvedenou vybranou oblast, přičemž tato kašovitá suspenze dále obsahuje těkavou složku;
- (iii) aplikování nového materiálu vazebního povlaku na uvedenou vybranou oblast; a
- (iv) natavování pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku na uvedenou vybranou oblast.

Tento postup může být součástí celkového procesu opravy opotřebeného nebo poškozeného povlakového systému TBC.

Další provedení předloženého vynálezu je orientované na specifické složení kašovité suspenze, přičemž tato kašovitá suspenze kromě pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku obsahuje další obvyklé přísady, například rozpouštědlo. Jak již bylo uvedeno jinde v tomto popisu, je jako pájecí materiál použitý obvykle nikl, kobalt, železo, drahý kov, a nebo některé směsi obsahující jeden z těchto materiálů. Jako materiál vazebního povlaku je obvykle použita slitina typu MCrAlX (podrobně popsána dále) nebo tímto materiálem může být karbid kovu nebo další typy pro uvedený účel použitelných materiálů. Kašovitá suspenze tohoto složení je z hlediska vytváření povlakového systému TBC velmi prospěšná.

Další provedení předloženého vynálezu je orientované na výrobek. Tento výrobek zahrnuje:

- (a) substrát na bázi kovu; a
 - (b) kašovitou suspenzi obsahující těkavou složku, opatřenou na substrátu, a zahrnující pájecí materiál a materiál vazebního povlaku (například materiál ve formě částic, poskytující docílení požadované drsnosti povrchu).
- Substrát je ve většině případů zhotovený z vysoce legované slitiny, a jako pájecí materiály a materiály vazebního povlaku jsou použité materiály, které jsou podrobně popsány dále. Po podstatném odstranění těkavé složky, která je součástí kašovité suspenze, se na substrátu vytvoří syrový povlak, který se následně, například prostřednictvím pájení, natavuje na substrát. V důsledku natavování tvoří pájecí materiál spojitou základní matici, ve které jsou zakotvené částice materiálu vazebního povlaku.

Další charakteristické znaky a výhody předloženého vynálezu budou ozřejmené na základě následujícího podrobného popisu příkladů jeho jednotlivých konkrétních provedení.

Přehled obrázků na výkresech

Kromě toho je základní princip předloženého vynálezu příkladně znázorněn na připojených obrázcích, ve kterých:

- obr. 1 představuje mikroskopický snímek výbrusu příčného řezu srovnávacího povlakového systému zahrnujícího vazební povlak a TBC povlak, přičemž tyto oba typy povlaků jsou aplikované za použití standardních technologických postupů; a

obr. 2 představuje mikroskopický snímek výbrusu příčného řezu povlakového systému vazební povlak/TBC povlak, ve kterém se vazební povlak na substrát aplikuje ve formě kašovitě suspenze způsobem podle předloženého vynálezu.

5

Příklady provedení vynálezu

Pájecí materiál, použitý ve spojení s předloženým vynálezem, může být tvořený ze stavu techniky známou a na komerčním trhu dostupnou kompozitní slitinou. Většinou se pro tento účel používají dva typy pájecí kompozitní slitiny a to: standardní tekuté pájecí materiály a aktivované difúzní pájecí materiály. V řadě případů (nikoliv však vždy) vykazuje pájecí slitina složení, které se v podstatě shoduje se složením substrátu. Tak například v případě, kdy je substrátem vysoce legovaná slitina na bázi niklu, obsahuje příslušná pájecí slitina spolu s různými dalšími prvky jako je chrom, hliník, a yttrium, obvykle alespoň 40 % hmotn. niklu. (Ve spojení se substráty z vysoce legovaných slitin na bázi kobaltu se obvykle používají pájecí slitiny obsahující nikl nebo kobalt.) Kromě toho pájecí kompozitní slitina typicky obsahuje jednu nebo více složek, jejichž funkcí je snižování teploty tavení této kompozitní slitiny (tzv. supresivní prostředky). Příklady takových supresivních prostředků pro snižování teploty tavení, které jsou vhodné pro použití ve spojení s pájecími kompozitními slitinami na bázi niklu nebo s pájecími kompozitními slitinami na bázi kobaltu, představují křemík, bór, a fosfor. Většinou se pro tento účel upřednostňují křemík nebo bór, nebo jejich vzájemné kombinace. Pájecí kompozitní slitina může kromě toho obsahovat ještě další, ze stavu techniky známé přísady, například tavidlo. Průměrná velikost částic pájecí slitiny se obvykle pohybuje v rozmezí od asi 20 do asi 150 mikrometrů, a výhodněji, v rozmezí od asi 40 do asi 80 mikrometrů.

Příkladné pájecí kompozitní slitiny na bázi niklu a pájecí kompozitní slitiny na bázi kobaltu jsou blížeji popsány v patentové přihlášce US S.N. 09/444 737 téhož přihlašovatele (původce W. Hasz), podané 23. listopadu 1999, která se tímto začleňuje do odvolávek předloženého vynálezu. Některé pájecí kompozitní slitiny na bázi niklu, upřednostňované pro účely předloženého vynálezu, obsahují asi 5 až asi 15 % hmotn. křemíku nebo bóru, a asi 15 až asi 25 % hmotn. chromu, zbytek tvoří nikl. V některých případech se namísto bóru upřednostňuje křemík. Je však rovněž tak možné použít i směs křemíku a bóru.

Je rovněž tak možné použít další typy pájecích slitin, například slitiny drahých kovů, obsahující stříbro, zlato, platinu, a/nebo palladium, v kombinaci s dalšími kovy, například takovými jako jsou měď, mangan, nikl, chrom, křemík, a bór. Dále je možné použít směsi, které zahrnují alespoň jednu ze základních složek pájecích slitin. Řadu pájecích kompozitních slitin obsahujících kovy na trh dodává firma Praxair Surface Technologies, Inc.

Jak již bylo uvedeno shora, je pro účely předloženého vynálezu pájecí materiál použitý ve formě kašovitě suspenze. Tato kašovitá suspenze obvykle obsahuje alespoň jedno pojivo a jedno rozpouštědlo. Volba rozpouštědla je závislá na různých faktorech, například na jeho způsobilosti rozpouštění pojiva a dispergování pájecího materiálu ve formě prášku, stejně tak jako na způsobu, kterým se bude kašovitá suspenze aplikovat na substrát. Příslušný pájecí materiál je obvykle dispergován v rozpouštědle, a to buď v rozpouštědle na bázi vody, nebo v organickém rozpouštědle. Příklady takových rozpouštědel zahrnují vodu, ethanol nebo další typy alkoholů, ketony, nitrilová rozpouštědla (například acetonitril), rozpouštědla ketonového typu jako aceton, aromatická rozpouštědla jako toluen, xylen nebo xylenol, a jejich kompatibilní směsi. V některých případech se upřednostňuje systém obsahující dvě rozpouštědla, ve kterém se jedno rozpouštědlo odpařuje okamžitě, zatímco druhé rozpouštědlo se odpařuje mnohem pomaleji a poskytuje vyrovnávací vlastnosti. (Výrazem „těkavá složka“ se v souvislosti s v tomto popisu uváděnými skutečnostmi obecně míní rozpouštědlo (nebo vícenásobný systém rozpouštědel), použité v kašovitě suspenzi. Zároveň by však mělo být zřejmé, že i pojiva a další přísady obsažené v kašovitě suspenzi se zvyšováním teploty, například v průběhu dosahování teplot pro natavování, budou rovněž tak odpařovat, nebo alespoň rozkládat.)

Ve spojení s kašovitou suspenzí je možné použít široký výběr pojivových materiálů, například organické materiály na bázi vody, takové jako polyethylen oxid a různé akrylové polymery, nebo pojiva na bázi rozpouštědel. Dále může kašovitá suspenze obsahovat různé další přísady, například dispergační prostředky, smáčedla, deflokulanty, stabilizační prostředky, anti-sedimentační činidla, zahušťovací prostředky, plastifikátory, změkčovadla, maziva, povrchově aktivní látky, odpěňovací činidla, a vytvrzovací modifikátory. Všeobecně řečeno, každá z těchto přísad je, co se týče jejího obsahového množství, obvykle použita v rozmezí od asi 0,01 do asi 10 % hmotn., vztaženo na celkovou hmotnost kašovité suspenze. Osoby obeznámené se stavem techniky budou na základě svých znalostí a bez vynaložení přílišného úsilí schopné stanovit pro konkrétní aplikaci nejúčinnější množství každé z těchto přísad.

Běžně známé detailní podrobnosti týkající se přípravy kašovité suspenze jsou popsány v různých odkazech, například v patentu US 4 325 754, který se tímto začleňuje do odvolávek předloženého vynálezu. (Kromě toho jsou takové kompozitní kašovité suspenze běžně dostupné na komerčním trhu.) Pro aplikování kašovité suspenze na substrát je možné použít různé technologické postupy. Příklady pro tento účel použitelných technologických postupů zahrnují nanášení litím, nanášení štětcem, natírání, povlékání máčením, nanášení poléváním, navalování válcem, nanášení odstředivým litím, a nastříkávání. V tomto ohledu jsou instruktivní například skutečnosti uváděné v dále citovaných publikacích: „*Encyclopedia of Chemical Technology*“, 4. vyd., sv. 5, ed. Kirk-Othmer, str. 606 až 619, a „*Technology of Paints, Varnished and Lacquers*“, ed. C. Martens, Reinhold Book Corporation (1968). Rovněž tak v patentové přihlášce US S.N. 09/378 956 téhož přihlašovatele (původce D. Sangeeta a kol.), podané 23. srpna 1999, která se tímto začleňuje do odvolávek předloženého vynálezu, jsou popisované některé aspekty týkající se technologie kašovitých suspenzí.

Ve spojení s předloženým vynálezem je možné použít různé typy materiálu vazebního povlaku. Většina z těchto materiálů je ze stavu techniky velmi dobře známá. V řadě případů (nikoliv však vždy) se upřednostňují vazební povlaky odolné při vysokých teplotách. Tyto vazební povlaky se používají pro aplikace, ve kterých je substrát vystavený působení pracovních teplot alespoň asi 500 °C, a častěji pracovních teplot alespoň asi 900 °C. Velmi často se jako materiál vazebního povlaku používá materiál typu MCrAlX, ve kterém mohou být jako složka „M“ použité různé kovy nebo vzájemné kombinace těchto kovů, například železo Fe, nikl Ni, nebo kobalt Co, a ve kterém je složka „X“ zvolená ze skupiny zahrnující yttrium Y, tantal Ta, křemík Si, hafnium Hf, titan Ti, zirkon Zr, bór B, uhlík C a jejich kombinace. (Složkou „X“ je obvykle yttrium.) Některé z upřednostňovaných slitin tohoto typu vykazují následující směrné chemické složení (v procentech hmotnostních): asi 17 až asi 23 % chromu; asi 4 až asi 13 % hliníku; asi 0,1 až asi 2 % yttria; a zbytek tvoří složka M. V některých provedeních představuje složku M směs niklu a kobaltu, ve které se poměr niklu ke kobaltu pohybuje přibližně v rozmezí od asi 10:90 do asi 90:10, v procentech hmotnostních.

Jak již bylo uvedeno shora, je pro tento účel možné použít i další typy materiálů vazebních povlaků. Neomezující příklady takových materiálů zahrnují komplexní sloučeniny hliníku, komplexní sloučeniny hliníku s platinou, komplexní sloučeniny hliníku s niklem, komplexní sloučeniny hliníku s platinou a niklem, a jejich směsi a vzájemné kombinace. Kromě toho je dále možné použít směsi materiálu typu MCrAlX s kovy, například zirkonem nebo hafniem. Osoby obeznámené se stavem techniky budou na základě svých znalostí a v závislosti na finálním použití, ekonomických nákladech, použitých technologických postupech zpracování a dalších aspektech schopné zvolit pro konkrétní aplikaci nejvhodnější materiál vazebního povlaku.

Rozměrová velikost částic vazebního povlaku se může v určitém rozsahu měnit, což zčásti souvisí s požadovanou drsností povrchu vazebního povlaku. Obvykle částice vazebního povlaku vykazují průměrnou velikost částic alespoň asi 45 mikrometrů. V těch případech, ve kterých se následně jako další nanáší TBC povlak aplikovaný technologií plazmatického nastříkávání ve vzduchové atmosféře (která ve většině případů vyžaduje hrubý podkladový povrch), částice

vazebního povlaku obvykle vykazují průměrnou velikost částic alespoň asi 150 mikrometrů. V některých upřednostňovaných provedeních vykazují částice materiálu vazebního povlaku velikost pohybující se v rozmezí od asi 150 mikrometrů do asi 300 mikrometrů. V některých případech, například tehdy, kdy se požaduje větší drsnost povrchu, je možné použít i částice větší rozměrové velikosti. Někdy jsou tyto částice ve zde předloženém popisu označovány jako „primární částice vazebního povlaku“, přičemž se těmito částicemi míní částice poskytující standardní drsnost povrchu (R_a), což bude popsáno dále.

V upřednostňovaných provedeních, zejména v případech, ve kterých je pro aplikaci TBC povlaku použita technologie plazmatického nanášení nástřikem ve vzduchové atmosféře, vykazují částice vazebního povlaku specifický tvar. Tento tvar částic je, poté co byl příslušný materiál natavený na substrát pájením, vhodný pro zajištění vytvoření vazebního povlaku s mikro-drsností povrchu. Docílená mikro-drsnost povrchu je odlišná od, a zároveň tvoří její doplněk, drsnosti povrchu (R_a) poskytované prostřednictvím primárních částic vazebního povlaku. (Standardní drsnost povrchu se obvykle měří metodou měření nerovnosti povrchu.) Mikro-drsnost povrchu v tomto spojení tvoří jemnou škálu drsnosti a je na primárních částicích vytvořená ve formě zpětných přehybů. Všechna provedení předloženého vynálezu poskytují za tohoto stavu velmi dobrou adhezní přilnavost pro následně aplikovaný TBC povlak. Bez ohledu na shora uvedené skutečnosti představuje přítomnost mikro-drsnosti povrchu v řadě případů značné zvýšení adhezní přilnavosti během provozní doby TBC povlaku.

Pro docilování mikro-drsnosti povrchu existuje několik způsobů, a tyto obvykle zahrnují použití vazebního povlaku ve formě prášku, který je dostupný na komerčním trhu a o kterém je známo, že takový účinek poskytuje. Mikro-drsnost povrchu může být zajištěna formou menších kuličkovitých částic materiálu vazebního povlaku (například částic vykazujících velikost v rozmezí od asi 5 do asi 50 % průměru primárních částic), které jsou vazebně spřažené s většími primárními částicemi.

Alternativně může být mikro-drsnost povrchu zajištěna formou nepravidelného nebo hrubého povrchu primárních částic. V tomto případě je povrch primárních částic různě zprohýbaný a určitým způsobem rozeklaný tak, že vykazuje podříznuté úseky, které se v některých oblastech povrchu částic jeví jako zpětně orientované přehyby. Takový povrch částice vykazuje vnější vzhled podobný tomu, který se docílí při rozlomení anglického vdolečku na půl. Materiál ve formě prášku, jehož částice vykazují shora uvedené charakteristiky (například kompozice typu MCrAlX) jsou dostupné na komerčním trhu.

Podle jednoho provedení předloženého vynálezu obsahuje kašovitá suspenze kromě pájecího materiálu také materiál vazebního povlaku, v důsledku čehož se pájecí materiál a materiál vazebního povlaku na substrát aplikují současně. Pro vzájemné kombinování pájecího materiálu s materiálem vazebního povlaku do jediné kašovité suspenze je možné použít jakékoliv pro uvedený účel vyhovující prostředky, například mechanické mísiče. Navíc by však, z důvodů zajištění odpovídajícího nadispergování každé kovové složky do jediné kašovité suspenze, měly být zohledněny následující všeobecné ochranné procedury. Pro účely směšování kašovité suspenze se použije alespoň jedno rozpouštědlo, a to buď rozpouštědlo na bázi vody, nebo organické rozpouštědlo. Volba konkrétního rozpouštědla nebo směsi rozpouštědel pro toto provedení bude zčásti záviset jak na kompatibilitě rozpouštědla s oběma materiály, a to pájecím materiálem a materiálem vazebního povlaku, tak i na typu supresivního prostředku pro snižování teploty tavení, který může být v příslušné kašovité suspenzi obsažený. Použitá rozpouštědla by kromě toho měla být schopná zajišťovat požadované a odpovídající nadispergování pevných složek v disperzní směsi. Navíc musí být shora zmiňované přísady, které jsou použité ve spojení s kašovitou suspenzí, kompatibilní, a to jak navzájem mezi sebou, tak i se zbývajících složkami, které jsou součástí příslušné kašovité suspenze.

Kašovitá suspenze se na substrát ukládá obvykle v jediné vrstvě. Nicméně, v některých případech může být žádoucí nanášet kašovitou suspenzi na substrát ve formě alespoň dvou „dílčích vrstev“,

tj. prostřednictvím alespoň dvou aplikací. Každá takto vytvořená dílčí vrstva může mít například stejné složení, ale současně může vykazovat odlišnou velikost částic materiálu vazebního povlaku. Takto, vzhledem k uvedenému, mohou být například v dílčí vrstvě nacházející se nejbližší vzhledem k povrchu substrátu, z důvodu zvýšení hustoty povlaku, použité menší částice. Naproti tomu, v jedné nebo více vrchních dílčích vrstvách mohou být zase, z důvodu zajištění požadovaného stupně drsnosti povrchu, použité větší částice. (Po nanesení každé dílčí vrstvy může být provedeno její příslušné tepelné zpracování.)

Podle dalšího alternativního provedení může být, z důvodu zajištění rozdílných vlastností v různých hloubkách vazebního povlaku, složení těchto, dvou nebo více, dílčích vrstev navzájem odlišné. Pro ilustraci, první dílčí vrstva může spolu s pájecí slitinou obsahovat materiál vazebního povlaku standardního typu NiCrAlY. Druhá dílčí vrstva, která se nanáší na první dílčí vrstvu, může spolu s pájecí slitinou obsahovat odlišný materiál vazebního povlaku, například materiál vazebního povlaku typu MCrAlX, ve kterém složku M představuje směs niklu a kobaltu. Druhá dílčí vrstva, která se během provozního chodu nachází blíže ve směru k pracovnímu prostředí, by měla v některých pracovních prostředích poskytovat, ve srovnání se standardním materiálem typu NiCrAlY, zvýšenou odolnost vůči korozi.

Podobně se může složení dvou nebo více dílčích vrstev navzájem lišit z důvodu nastavování úrovně, při které bude docházet k oxidaci, například oxidaci na rozhraní vazebního povlaku/substrát, jak bude blíže popsáno v dále uvedených příkladech. Kromě toho může být složení vazebního povlaku odstupňované nebo navzájem odlišné po vrstvách (například prostřednictvím metody odměřování množství), přičemž se modifikace množství jednotlivých složek kašovitě suspenze provádí postupně během nanášení této kašovitě suspenze na substrát.

Po nanesení směsi kašovitě suspenze na substrát se provede alespoň částečné odstranění těkavé složky v ní obsažené. Tento krok se někdy označuje též jako „krok odpařování“ nebo „fáze odpařování“, a jeho výsledkem je v podstatě odpařováním těkavé složky zbavený (rozpuštědel prostý) povlak, neboli „syrový“ povlak. Pro účely odstraňování těkavé složky je možné použít jakýkoliv standardně používaný technologický postup vysoušení. Uvedené vysoušení může takto zahrnovat přirozené vysoušení na vzduchu nebo vysoušení ve vakuu při teplotě místnosti. V některých případech může být z důvodu urychlení tohoto vysoušení žádoucí podrobovat směs kašovitě suspenze ohřevu.

Syrový povlak, který obsahuje pájecí materiál a materiál vazebního povlaku, se pak natavuje na substrát. Krok natavování se může provádět za použití různých technologických postupů. Ve většině případů je tímto krokem krok pájení, a tento je v podstatě shodný s jakýmkoliv standardně používaným postupem pájení. (Výrazem „pájení“, použitým ve spojení se zde v tomto popisu uváděnými skutečnostmi, se obecně míní každý způsob spojování kovů, který zahrnuje použití přídatně vnášeného spojovacího kovu nebo slitiny.) Jeden z příkladných zdrojů informací a detailních podrobností týkajících se pájení představuje odborná studie „Modern Metalworking“, autor J.R. Walker, The Goodheart-Willcox Co., Inc. (1965), str. 29–1 až 30–24. Uvedené skutečnosti by, spolu s dalšími detailními podrobnostmi týkajícími se pájení, měly být osobám obeznámeným se stavem techniky velmi dobře známe. Teploty pájení jsou zčásti závislé na typu použité pájecí slitiny, a typicky se pohybují v rozmezí od asi 525 do asi 1650 °C. V případě pájecích slitin na bázi niklu se pájecí teploty obvykle pohybují v rozmezí od asi 800 do asi 1260 °C. V případech, ve kterých je to možné, se pájení provádí ve vakuové peci. Úroveň vakua bude zčásti závislá na složení pájecí slitiny. Obvykle se úroveň vakua (podtlak) pohybuje v rozmezí od asi 10^{-8} torrů. Pájení ve vakuové peci kromě toho zajišťuje odstranění všech těkavých materiálů (například pojiva), pozůstávajících v syrovém povlaku. Příslušný obsah těkavé složky se může určovat prostřednictvím různých metod, například diferenční termální analýzy (DTA) a termální gravimetrické analýzy (TGA).

V některých případech může být nutné aplikovat kašovitou suspenzi na oblast substrátu, která jako taková není z různých důvodů vhodná pro zpracovávání v peci. Příklad takové oblasti před-

stavuje součást, která je pro zpracovávání v peci nevhodná z důvodu její nadměrné velikosti. V takovém případě je možné použít následující alternativy. Je například možné použít lokální ohřev za použití hořáku nebo dalších lokálních ohřívacích prostředků. Tyto postupy jsou ze stavu techniky známé a jsou stručně popsány v již shora citované a do odvolávek předloženého vynálezu začleněné patentové přihlášce US S.N. 09/444 737 téhož přihlašovatele (původce W. Hasz).

Podle alternativního provedení obsahuje kašovitá suspenze pájecí materiál a příslušné nezbytné přísady, přičemž však neobsahuje materiál vazebního povlaku. V tomto případě se provádí podstatné vysušení kašovité suspenze následně po její aplikaci na substrát za vytvoření syrového povlaku. Pro provádění tohoto kroku je možné použít jakýkoliv pro uvedený účel vyhovující a shora popsany technologický postup, například přirozené vysoušení na vzduchu, s před nebo následně prováděným volitelným tepelným zpracováním pro zvýšení schopnosti odpařování těkavé složky.

Na syrový povlak se poté aplikuje materiál vazebního povlaku – obvykle ve formě suchého prášku nebo částic. Obvykle se, ještě před vlastním aplikováním vazebního povlaku ve formě prášku, na povrch syrového povlaku aplikuje adhezni materiál. Pro tento účel je možné použít různé adhezni materiály pouze s tím, že tyto materiály musí být schopné se během následně prováděného kroku natavování kompletně odpařit. Některé z vhodných a pro tento účel použitelných adhezni materiálů jsou popsány například v publikaci „The Condensed Chemical Dictionary“, 10. vydání, autor B. Hawley, Van Nostrand Reinhold Company Inc., 1981, str. 20 až 21, která se tímto začleňuje do odvolávek předloženého vynálezu. Ilustrativní příklady těchto adhezni materiálů zahrnují polyethylen oxid a akrylové materiály. Příklady na komerčním trhu dostupných adhezni materiálů zahrnují materiál s obchodním označením „4B Braze Binder™“, dodávaný na komerční trh firmou Cotronic Corporation. Adhezni materiály je možné aplikovat za použití různých technologických postupů. Například, adhezni materiály vykazující charakter kapaliny je možné na příslušný povrch aplikovat nastříkáním nebo natíráním. Alternativně je možné použít tenkou rohož nebo fólii, které jsou po obou stranách adhezni vrstvou, například lepicí pásku typu „467™ Adhesive Tape“, kterou na komerční trh dodává firma 3M Company.

Vazební povlak ve formě prášku je pak možné libovolně aplikovat na povrch vrstvy adhezniho materiálu za použití různých technologických postupů, například nanášením sprchovým nástřikem, naléváním, vyfukováním, navalováním válcem, a podobně. Po nanesení vazebního povlaku se ze substrátu odstraní nadbytečné množství prášku (například prostřednictvím jeho setřesení nebo odfukováním) za ponechání v podstatě jediné vrstvy částic vazebního povlaku. Jak již bylo uvedeno shora, je velikost částic z velké části závislá na stupni drsnosti povrchu požadované pro vazební povlak a naopak. Syrový povlak (se kterým je materiál vazebního povlaku vazebně spříazený) se pak shora popsaným způsobem natavuje na substrát. Výsledně získaný povlakový systém je v podstatě identický s povlakovým systémem docíleným podle prvního provedení předloženého vynálezu.

Podle dalšího alternativního provedení může být materiál vazebního povlaku použitý ve formě druhé kašovité suspenze, tj. samostatné kašovité suspenze, která je odlišná od kašovité suspenze obsahující pájecí materiál. Druhá kašovitá suspenze by měla obsahovat alespoň jedno rozpouštědlo, a to rozpouštědlo, které je kompatibilní s konkrétním složením materiálu vazebního povlaku. Tato druhá kašovitá suspenze by dále měla obsahovat jednu nebo více ze shora zmiňovaných a popsanych přísad, například pojiva, stabilizační prostředky, dispergační prostředky a podobně. Kromě toho musí být možné tuto druhou kašovitou suspenzi na první kašovitou suspenzi aplikovat za použití jakéhokoliv shora zmiňovaného a popsaneho technologického postupu, například nastříkáním. V upřednostňovaných provedeních jsou z důvodu zabránění tvoření bublin buď určitá část, nebo všechny těkavé složky, které se nacházejí v první kašovité suspenzi, odstraněny ještě před aplikováním druhé kašovité suspenze. Odstraňování těkavých složek se obvykle provádí, jak již bylo popsáno shora, prostřednictvím ohřevu. Poté se, ještě před prováděním kroku natavování, v podstatě shodným nebo podobným způsobem odstraní těkavé složky obsažené ve

druhé kašovité suspenzi. Výsledně docílený povlakový systém je v podstatě identický s povlakovými systémy vytvořenými podle dalších zde popsanych provedení předloženého vynálezu.

Podle další alternativy se může vazební povlak, vytvořený ve formě druhé kašovité suspenze, předem, tj. před nanášením na substrát, smíchat s první kašovitou suspenzí. Výsledná předem smíchaná směs se může na substrát aplikovat ještě před odstraňováním těkavé složky. Poté se provádí natavování, a to způsobem, který byl podrobně popsán již shora.

V některých provedeních předloženého vynálezu se na vazební povlak, po jeho natavování na substrát prostřednictvím pájecího materiálu, nanáší vrchní ochranný povlak. Tímto vrchním ochranným povlakem je obvykle tepelně-bariérový povlak, nicméně, tímto vrchním ochranným povlakem může být jakýkoliv typ povlaku, který poskytuje a který je schopný zajistit ochranu proti působení pracovního prostředí, tj. ochranu substrátu proti nepříznivému vlivu oxidace, proti korozi, nebo proti chemického napadení. Tento vrchní ochranný povlak by rovněž tak měl být povlakem odolným vůči opotřebení. Kromě toho, ačkoliv je tímto vrchním ochranným povlakem obvykle keramický povlak, může alternativně tímto povlakem být i povlak kovový.

Keramickými tepelně-bariérovými povlaky jsou ve většině případů (nikoliv však vždy) keramické povlaky na bázi oxidu zirkoničitého. Výrazem „keramické povlaky na bázi oxidu zirkoničitého“, použitým ve spojení se zde uváděnými skutečnostmi, se obecně míní materiály zahrnující keramické materiály, které obsahují alespoň asi 50 % hmotn. oxidu zirkoničitého. Použití oxidu zirkoničitého ve směsích pro vytváření tepelně-bariérových povlaků je ze stavu techniky velmi dobře známé. Použití oxidu zirkoničitého je konkrétně popsáno například v publikaci „*Encyclopedia of Chemical Technology*“, 3. vydání, svazek 24, ed. Kirk-Othmer (1984), str. 882 až 883. V upřednostňovaných provedeních se oxid zirkoničitý chemicky stabilizuje prostřednictvím jeho smíchání s dalším materiálem, například takovým jako je oxid yttritý, oxid vápenatý, oxid hořečnatý, oxid ceritý, oxid skanditý, nebo libovolné směsi v tomto výčtu uvedených materiálů. Podle jednoho specifického provedení může být oxid zirkoničitý smíchaný do směsi s asi 1 až asi 20 % hmotn. oxidu yttritého (vztaženo na celkovou hmotnost směsi), a s výhodou s asi 3 až asi 10 % hmotn. oxidu yttritého.

Pro aplikování keramického povlaku je možné použít různé technologické postupy. Neomezující příklady těchto technologických postupů zahrnují technologii tepelného nastříkávání, například technologii APS (neboli technologii plazmatického nastříkávání v okolní atmosféře); technologii nanášení srážením par odpařovaného povlakového materiálu (PVD); nebo technologii fyzikálního nanášení srážením par odpařovaného povlakového materiálu za použití elektronového paprsku (EB-PVD). Osobám obeznámeným se stavem techniky jsou tyto technologické postupy nanášení povlaků, včetně různých detailních podrobností týkajících se jejich provádění, velmi dobře známé. Příslušné reference týkající se těchto technologií jsou kromě toho uvedené v následujících publikacích. „*Encyclopedia of Chemical Technology*“, 3. vydání, sv. 15 a sv. 20, ed. Kirk-Othmer (1981); publikace „*Ullman's Encyclopedia of Industrial Chemistry*“, 5. vydání, sv. A6, ed. Ullman, VCH Publisher (1986); stať „*Scientific American*“, autor H. Herman (září 1988); a patent US 5 384 200. Pro aplikování keramických povlaků je kromě toho možné použít technologie keramických kašovitých suspenzí nebo technologie koloidních roztoků (neboli technologie sol gel).

Příklady dalších typů materiálů pro vrchní ochranný povlak představují vůči opotřebení odolné povlaky, zahrnující povlaky na bázi karbidů kovů, například takových jako jsou karbid chromu a karbid wolframu, a povlaky vytvořené z materiálu na bázi kobalt-molybden-chrom-křemík. Stejně tak je pro tento účel možné použít další typy materiálů, jako například oxid hlinitý, mullit, zirkon, materiály sklovitého typu, například sklokeramiku na bázi stroncium-vápník-zirkoničitan. Osoby obeznámené se stavem techniky budou na základě svých znalostí a bez vynaložení přílišného úsilí schopné zvolit pro danou finální uživatelskou aplikaci odpovídající a pro uvedené účely nejvíce vyhovující materiál. Postupy přípravy a způsoby aplikování takových materiálů na substrát se buď shodují s technologickými postupy popsány shora v souvislosti s TBC povlaky

na bázi oxidu zirkoničitého, nebo zahrnují další technologické postupy, které jsou ze stavu techniky velmi dobře známé. Kromě toho mohou být některé vrchní ochranné povlaky připraveny a na vazební povlak aplikovány ve formě shora zmiňované kašovité suspenze. Vrchní ochranné povlaky na bázi kašovité suspenze jsou příkladně popsány v patentové přihlášce US S.N. 09/557 393 téhož přihlašovatele (původce D. Sangeeta), podané 24. dubna 2000, která se tímto začleňuje do odvolávek předloženého vynálezu. Například anotace, oddíl podstaty vynálezu a další části této patentové přihlášky jsou ze sledovaného hlediska velmi instruktivní.

Další provedení vynálezu je orientované na způsob nahrazování vazebního povlaku dříve opatřeného na substrátu na bázi kovu. Nahrazování vazebního povlaku představuje v řadě případů součást procesu celkové opravy opotřebeného nebo poškozeného povlakového systému TBC. Důkladná oprava „povlakového systému“ TBC (tj. vazební povlak a TBC povlak) je z hlediska předcházení a zabránění znehodnocení substrátu rozhodující. V případě dílčí součásti turbínového zařízení může být například nezbytné opravy povlakového systému během prováděna během servisní údržby turbínového zařízení, tj. po jeho odstavení z provozního stanoviště. Postup zde popsany poskytuje způsob rychlé opravy nebo nahrazování vybrané oblasti stávajícího povlakového systému TBC, aniž by bylo nutné provádět kompletní odstranění příslušných povlaků z celé součásti. Tento proces je obzvláště výhodný ve spojení s opravami povlaků umístěných v oblastech, které jsou pro další typy oprav velmi obtížně přístupné.

Způsob nahrazování vazebního povlaku obvykle zahrnuje následující kroky:

(i) odstraňování stávajícího vazebního povlaku (a opotřebeného nebo poškozeného vrchního ochranného povlaku, pokud je tento přítomný) z vybrané oblasti povrchu substrátu;

(ii) aplikování kašovité suspenze, která obsahuje pájecí materiál, na uvedenou vybranou oblast, přičemž tato kašovitá suspenze dále obsahuje těkavou složku;

(iii) aplikování nového materiálu vazebního povlaku na uvedenou vybranou oblast; a

(iv) natavování pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku na uvedenou vybranou oblast.

Jak již bylo uvedeno shora, může být použita pouze jediná kašovitá suspenze, obsahující jak pájecí materiál, tak i materiál vazebního povlaku. Alternativně je možné použít dvě samostatné, navzájem odlišné kašovité suspenze. Další alternativu představuje postup, při kterém se nejdříve aplikuje kašovitá suspenze obsahující pájecí materiál a poté se podrobuje vysoušení, po kterém následuje aplikování vrstvy adhezního materiálu. Na takto vytvořenou vrstvu adhezního materiálu se pak může aplikovat materiál vazebního povlaku.

Kašovitá suspenze a materiál vazebního povlaku mohou být podrobeny přirozenému vysoušení na vzduchu mezi krokem (iii) a krokem (iv). Pro zrychlení odstraňování těkavé složky je možné použít ohřívací prostředky, například infračervenou lampu. Krok natavování se v řadě případů provádí za použití hořáku nebo dalších přenosných ohřívacích prostředků.

V případě dílčí součásti turbínového zařízení, která je opatřena povlakem určeným k opravě, může být pro zajištění odstranění těkavé složky a provedení kroku natavování (iv) postačující teplo vyvíjené během provozního chodu zařízení. Tento způsob ohřevu a vytvrzování by ve skutečnosti mohl být odložený až do té doby, dokud nedojde k aplikaci vrchního ochranného povlaku ve formě kašovité suspenze, jak bude popsáno dále.

Na vazební povlak se může v těch případech, ve kterých se má nahrazovat i vrchní ochranný povlak, nanášet příslušný vrchní ochranný povlak. Tento vrchní ochranný povlak (například TBC povlak) se během servisní opravy bude obvykle nanášet za použití technologie tepelného nastříkávání. Jedním ze standardních technologických postupů tohoto typu je metoda plazmatického nastříkávání. Nicméně, alternativně je možné vrchní ochranný povlak na vazební povlak

nanášet, jak již bylo zmiňováno shora, ve formě kašovitě suspenze (viz přihláška US S.N. 09/557 393, původce Sangeeta). Jak již bylo uvedeno shora, může být pro odstranění všech složek těkavých materiálů; natavování pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku na substrát; a vytvrzování vrchního ochranného povlaku postačující provozní chod turbínového zařízení, přičemž, za tohoto stavu, dojde k provedení všech uvedených kroků v jednom jediném kroku.

Další provedení předloženého vynálezu představuje kompozitní kašovitou suspenzi, která zahrnuje jak pájecí materiál, tak i materiál vazebního povlaku. Taková kašovitá suspenze je pro aplikování vazebního povlaku shora popsaným způsobem velmi výhodná. Ve spojení s touto kašovitou suspenzí je možné použít standardní tekuté pájecí materiály nebo aktivované difúzní pájecí materiály. V případě, ve kterém se má tato kašovitá suspenze aplikovat na substrát z vysoce legované slitiny na bázi niklu, obsahuje použitá pájecí slitina kromě různých dalších prvků jako chrom, hliník, nebo yttrium obvykle alespoň asi 40 % hmotn. niklu. Průměrná velikost částic pájecí slitiny se obvykle, jak již bylo zmiňováno shora, pohybuje v rozmezí od asi 20 do asi 150 mikrometrů.

Materiálem vazebního povlaku v této kašovitě suspenzi je, jak již bylo uvedeno shora, obvykle materiál typu MCrAlX. Velikost částic materiálu vazebního povlaku se může v určitém rozsahu měnit. Tento materiál pak ve většině případů vykazuje průměrnou velikost částic alespoň asi 45 mikrometrů.

Volba rozpouštědla pro tuto kašovitou suspenzi bude zčásti závislá na pevných složkách v ní obsažených, a dále na způsobu, kterým se bude tato kašovitá suspenze aplikovat na substrát. Příkladná rozpouštědla jsou spolu s pojivovými materiály a různými dalšími přísadami, například dispergačními prostředky, smáčedly, a stabilizačními prostředky, popsaná shora. Obsahové množství pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku v kašovitě suspenzi bude záviset na různých faktorech, a to například na požadované tloušťce vazebního povlaku, rozpustnosti a dispergační schopnosti pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku v rozpouštědle nebo směsi rozpouštědel, a na způsobu, kterým se kašovitá suspenze bude aplikovat na substrát. Tato kašovitá suspenze obvykle obsahuje asi 20 až asi 50 % hmotn. pájecího materiálu, a asi 50 až asi 80 % hmotn. materiálu vazebního povlaku, vztaheno na celkovou hmotnost kašovitě suspenze. Kromě toho tato kašovitá suspenze typicky obsahuje asi 10 % hmotn. nebo méně rozpouštědla, a asi 10 % hmotn. nebo méně pojiva.

Ještě další provedení předloženého vynálezu je orientované na výrobek, jehož podstata spočívá v tom, že zahrnuje:

(a) substrát na bázi kovu, například substrát vytvořený z vysoce legované slitiny; a

(b) kašovitou suspenzi obsahující těkavou složku, opatřenou na substrátu, a zahrnující pájecí materiál a materiál vazebního povlaku.

Jednotlivé konkrétní složky, které mohou být v takové kašovitě suspenzi obsažené, byly podrobně popsány shora. Po odstranění těkavé složky, obsažené v této kašovitě suspenzi, pozůstává syrový povlak. Tento syrový povlak se pak natavuje na substrát, například za použití technologického postupu pájení. V upřednostňovaných provedeních tvoří pájecí materiál spojitou základní matici, ve které jsou zakotvené částice materiálu vazebního povlaku. Velikost částic materiálu vazebního povlaku může být volena tak, aby bylo zajištěno jejich vyčnívání z povrchu základní matrice. Za tohoto stavu uvedené částice zajišťují vytvoření poměrně hrubého povrchu, například povrchu vykazujícího drsnost povrchu (R_a) větší než asi 5 mikrometrů (299 miliontin palce) a s výhodou drsnost povrchu (R_a) větší než asi 7,5 mikrometru (300 miliontin palce). Takový povrch poskytuje výbornou adhezní přilnavost pro následně aplikovanou keramickou vrstvu. Výrobek obsahující takovou vrstvu (například TBC povlak na bázi oxidu zirkoničitého) rovněž spadá do rozsahu předloženého vynálezu.

Pro účely lepšího pochopení předloženého vynálezu osobami obeznámenými se stavem techniky se dále uvádí následující příklady, které jsou zamýšlené pouze jako ilustrační a nikterak omezující nárokovaný rozsah tohoto vynálezu.

5

Příklad I

Vzorek A byl vytvořený pro účely srovnávání, a jako takový představuje standardní povlakový systém TBC. Substrátem byl blok vytvořený z vysoce legované slitiny na bázi niklu. Tento blok byl zpracován otryskáváním ocelovou drtí a následným čištěním ultrazvukem. Poté byl za použití technologie plazmatického nastřikování v okolní atmosféře (APS) na povrch substrátu aplikován vazební povlak typu NiCrAlY. Jmenovité složení materiálu vazebního povlaku bylo následující: 68 % hmotn. niklu, 22 % hmotn. chromu, 9 % hmotn. hliníku, a 1 % hmotn. yttria. Tloušťka vazebního povlaku se pohybovala v rozmezí přibližně 5 až 8 tisícín palce (asi 127 až 203 mikrometrů). Povlak vykazoval průměrnou drsnost povrchu (R_a) asi 500 až asi 900 miliontin palce. Poté byl, za použití technologie plazmatického nastřikování v okolní atmosféře (APS), na povrch vazebního povlaku nanesen TBC povlak (neboli tepelně-bariérový povlak typu: oxid zirkoničitý stabilizovaný oxidem yttritým s obsahem 8 hmotn. % oxidu yttritého). Tloušťka TBC povlaku se pohybovala v rozmezí přibližně 10 až 12 tisícín palce (asi 254 až 305 mikrometrů).

Vzorek B představuje provedení předloženého vynálezu. Nejprve byla přidáním dále uvedených složek do acetonu, za jejich smíchání, připravena kašovitá suspenze:

(a) Vazební povlak ve formě hrubého prášku typu NiCrAlY, vykazující přibližně následující složení: 68 % hmotn. niklu, 22 % hmotn. chromu, 9 % hmotn. hliníku, a 1 % hmotn. yttria. Prášek vykazoval průměrnou velikost částic -30 +100 mesh, tj. 150 až 600 mikrometrů.

(b) Pájecí materiál ve formě prášku, odolný při vysokých teplotách a na komerčním trhu dostupný pod obchodním označením Amdry®100, s následujícím směrným složením: 10 % hmotn. křemíku, 19 % hmotn. chromu, zbytek nikl. Prášek vykazoval průměrnou velikost částic -100 mesh, tj. menší než asi 150 mikrometrů.

(c) Pojivo typu Nicrobraz®300 (ethylmethakrylát v trichlorethanu; dodávaný pod uvedeným obchodním označením na komerční trh firmou Wall Colmonoy, Inc. Madison Heights, Michigan).

Kovové prášky byly za sucha smíchány do směsi (přičemž tato směs obsahuje 50 % hmotn. složky (a), a 50 % hmotn. složky (b)). Poté byly do směsi přidány a přimíchány složky (c) a (d) (v množství 10 % hmotn. v případě každé složky, vztaženo na celkovou hmotnost kašovitá suspenze).

Vytvořená kašovitá suspenze byla aplikována na blok z vysoce legované slitiny stejného typu jako v případě vzorku A. Tloušťka nanesené mokré kašovitá suspenze byla asi 5 tisícín palce (127 mikrometrů). Poté byla kašovitá suspenze podrobena přirozenému vysoušení na vzduchu po dobu přibližně 12 hodin, během kterého došlo k odstranění alespoň asi 15 % hmotn. složky těkavých materiálů. Vytvořený syrový povlak byl následně podrobený ohřevu ve vakuové peci na pájecí teplotu asi 1093 až 1204 °C (2000 až 2200 °F), po dobu asi 1 hodiny. Výsledkem je vytvoření hutného, celistvého hrubého vazebního povlaku, vykazujícího drsnost povrchu (R_a) asi 25 mikrometrů (asi 984 tisícín palce). Poté byl za použití technologie plazmatického nastřikování v okolní atmosféře (APS) na povrch vazebního povlaku nanesený stejný typ tepelně-bariérového povlaku (na bázi oxidu zirkoničitého) jako v případě vzorku A.

Obr. 1 představuje mikroskopický snímek výbrusu příčného řezu srovnávacího systému pro vzorek A. Oblast I představuje substrát. Oblast II představuje oblast oxidů, která se začala, v důsled-

ku testování tepelným zatížením, tvořit na rozhraní mezi substrátem a vazebním povlakem. Oblast III představuje vlastní vazební povlak, vykazující typické vybihání „přehybů“ materiálu vazebního povlaku, které je důsledkem použité technologie nanášení APS. Oblast IV představuje TBC povlak.

5

Povlakový systém vzorku A vykazuje, z hlediska některých finálních použití a z hlediska plánované provozní životnosti, jako celek dobrou strukturální integritu. Nicméně, vykazuje oblast II, která je důsledkem urychlování oxidace na rozhraní vazební povlak/substrát směrem ke konci simulované doby provozní životnosti. Konečným výsledkem oxidace bude porušení integrity povlakového systému, které bude způsobovat poškození buď převážné části, nebo úplně celého TBC povlaku a nežádoucí oddělení vazebního povlaku od substrátu.

10

Obr. 2 představuje mikroskopický snímek výbrusu příčného řezu povlakového systému pro vzorek B, připraveného podle předloženého vynálezu. Tento povlakový systém byl podroben stejnému rozsahu testování tepelným zatížením jako vzorek A. Oblast V představuje substrát. Oblast VI představuje vrstvu kašovitě suspenze, aplikovanou a připájenou na povrch substrátu. Oblast VII představuje TBC povlak. Absence oblasti oxidů, která může být seznatelná z obr. 1 v případě vzorku A, signalizuje, že ve spojení s povlakovým systémem vzorku B k žádnému urychlování oxidace na rozhraní vazební povlak/substrát v důsledku tepelného zatížení nedochází.

15

Typem použitého testování každého vzorku tepelným zatížením bylo cyklické testování v peci (FCT). Jeden testovací cyklus představuje působení tepelného zatížení po dobu 45 minut při teplotě 2000 °F (1093 °C). Doba testování je 300 cyklů pro každý vzorek. Zjištěné výsledky demonstrují, že povlakový systém podle předloženého vynálezu (vzorek B) vykazuje třikrát větší životnost, než povlakový systém srovnávacího vzorku (vzorek A).

20

Příklad 2

V tomto příkladě byl pro přípravu vzorku C použitý stejný typ substrátu. Pro účely tohoto příkladu byla připravena kašovitá suspenze, která obsahuje 80 % hmotn. pájecího materiálu Amdry®100 ve formě prášku, odolného při vysokých teplotách, 10 % hmotn. vody a 10 % hmotn. pojiva na bázi polyethylen oxidu. Tato kašovitá suspenze byla aplikována na substrát ve vrstvě o tloušťce asi 5 tisícín palce (127 mikrometrů) za mokra. Poté byla kašovitá suspenze podrobena vysoušení po dobu 14 až 16 hodin. Během tohoto kroku vysoušení došlo k odstranění asi 15 % hmotn. těkavých materiálů a jeho výsledkem je vytvoření syrového povlaku. Na tento syrový povlak byl poté aplikován kontaktní adhezni materiál (obchodní označení Nicrobraz™300).

30

Na kontaktní adhezni materiál byl následně, nanášením sprchovým nástřikem, nanesený stejný vazební povlak typu NiCrAlY ve formě hrubého prášku, který byl použitý i v příkladu 1 (vzorek B). Nadbytečné množství prášku vazebního povlaku bylo odstraněno ofukováním. Blok, respektive substrát byl poté podroben ohřevu ve vakuové peci při pájecí teplotě asi 1093 až 1204 °C (2000 až 2200 °F), po dobu asi 0,25 až 2 hodiny za vytvoření hutného, celistvého hrubého vazebního povlaku (s drsností povrchu (R_a) asi 25 mikrometrů (984 miliontin palce). Na povrch vytvořeného vazebního povlaku byl za použití technologie plazmatického nástřikování v okolní atmosféře nanesený stejný typ tepelně-bariérového povlaku (na bázi oxidu zirkoničitého) jako v případě vzorku A.

40

Dále bylo, stejně jako v příkladu 1, provedeno cyklické testování v peci na tepelné zatížení (FCT). Vzorek C během testování vykazoval přibližně stejné vlastnosti (tj. odolnost vůči tvorbě trhlin a odštěpování vrstev povlakového systému) jako vzorek B. Kromě toho vzorek C nevykazuje ani náznak takové zrychlené oxidace na rozhraní vazební povlak/substrát, která je patrná v případě vzorku A (viz obr. 1).

50

Shora popsaná upřednostňovaná provedení byla uvedena pouze pro účely ilustrace. Nicméně, předcházející popis nebyl nikterak zamýšlený jako omezení rozsahu předloženého vynálezu a v žádném případě takové omezení ani nepředstavuje. Vzhledem k tomu mohou osoby obeznámené se stavem techniky schopné na základě svých znalostí, aniž by došlo k odchýlení se od podstaty a z nárokovaného rozsahu tohoto vynálezu, vytvořit jeho různé úpravy, modifikace, přizpůsobení a alternativy.

Všechny shora citované patentové dokumenty, odborné statí, publikace a odkazy jsou do předloženého popisu zahrnuté jako odvolávky.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob aplikování vazebního povlaku na substrát na bázi kovu, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že zahrnuje následující kroky:

a) aplikování kašovité suspenze, která obsahuje pájecí materiál, na substrát, přičemž tato kašovitá suspenze dále obsahuje tekavou složku a pájecí materiál vykazuje průměrnou velikost částic v rozmezí od 20 mikrometrů do asi 150 mikrometrů;

přičemž kašovitá suspenze obsahující pájecí materiál dále obsahuje vazební povlak, takže pájecí materiál a vazební povlak se nanášejí na substrát současně, přičemž vazební povlak obsahuje alespoň jeden materiál zvolený ze skupiny obsahující: aluminid, platina-aluminid, nikl-aluminid, platina-nikl-aluminid, a slitiny chemického vzorce MCrAlX, kde složka M je zvolena ze skupiny zahrnující železo Fe, nikl Ni, kobalt Co, a jejich libovolné směsi; a kde složka X je zvolena ze skupiny zahrnující ytrium Y, tantal Ta, křemík Si, hafnium Hf, titan Ti, zirkon Zr, bór B, uhlík C a jejich kombinace, a všechny kombinace výše uvedených;

b) vysoušení kašovité suspenze a vazebního povlaku pro odstranění alespoň části tekavé složky; a

c) natavování pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku na substrát.

2. Způsob podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pájecí materiál obsahuje alespoň jeden kov zvolený ze skupiny zahrnující nikl, kobalt, železo, drahý kov, a směs, která obsahuje alespoň jeden z uvedených kovů.

3. Způsob podle nároku 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pájecí materiál obsahuje alespoň 40 % hmotn. niklu.

4. Způsob podle nároku 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že pájecí materiál dále obsahuje složku, která snižuje teplotu tavení pájecí slitiny.

5. Způsob podle nároku 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že uvedenou složkou je křemík, bór, nebo jejich směs.

6. Způsob podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že kašovitá suspenze dále obsahuje alespoň jednu přísadu zvolenou ze skupiny zahrnující pojiva, stabilizační prostředky, zahušťovací prostředky, dispergační prostředky, deflokulanty, anti-sedimentační činidla, plastifikátory, změkčovadla, maziva, povrchově aktivní látky, odpeňovací činidla, a vytvrzovací modifikátory.

7. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že nekašovitá suspenze se na substrát aplikuje za použití technologického postupu zvoleného ze skupiny zahrnující nanášení litím, nanášení štětcem, natírání, povlékání máčením, nanášení poléváním, navalování válcem, nanášení odstředivým litím, a nastříkáváním.
8. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že materiál vazebního povlaku vykazuje průměrnou velikost částic alespoň 45 mikrometrů.
9. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že materiál vazebního povlaku vykazuje průměrnou velikost částic v rozmezí od asi 150 do asi 300 mikrometrů.
10. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že těkavá složka zahrnuje alespoň jedno rozpouštědlo na bázi vody nebo alespoň jedno organické rozpouštědlo, nebo jejich směsi.
11. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že krok (b) se provádí za použití vysoušení vzduchem.
12. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že krok (c) se provádí při teplotě pohybující se v rozmezí od asi 525 do asi 1650 °C.
13. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že substrátem na bázi kovu je vysoce legovaná slitina.
14. Způsob podle nároku 13, **vyznačující se tím**, že vysoce legovanou slitinou je materiál na bázi niklu nebo na bázi kobaltu.
15. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vazební povlak po kroku (c) vykazuje střední kvadratickou hodnotu drsnosti povrchu (R_a) větší než asi 5 mikrometrů (200 miliontin palce).
16. Způsob podle nároku 15, **vyznačující se tím**, že kašovitá suspenze se připravuje kombinováním materiálu vazebního povlaku a pájecího materiálu s rozpouštědlem a alespoň jednou přísadou zvolenou ze skupiny zahrnující pojiva, stabilizační prostředky, zahušťovací prostředky, dispergační prostředky, deflokulanty, anti-sedimentační činidla, plastifikátory, změkčovadla, maziva, povrchově aktivní látky, odpěňovací činidla, a vytvrzovací modifikátory.
17. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vazební povlak je ve formě druhé kašovitě suspenze, a tato druhá kašovitá suspenze se předem smíchá s první kašovitou suspenzí za vytvoření předem připravené směsi, a tato předem připravená směs se na substrát aplikuje ještě před krokem (b).
18. Způsob podle nároku 17, **vyznačující se tím**, že předem připravená směs kašovitých suspenzí se na substrát aplikuje za použití technologického postupu zvoleného ze skupiny zahrnující nanášení litím, nanášení štětcem, natírání, povlékání máčením, nanášení poléváním, navalování válcem, nanášení odstředivým litím, a nastříkáváním.
19. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že vazební povlak se po kroku (c) aplikuje na vrchní ochranný povlak.
20. Způsob podle nároku 19, **vyznačující se tím**, že vrchním ochranným povlakem je tepelně-bariérový povlak.
21. Způsob podle nároku 20, **vyznačující se tím**, že tepelně-bariérovým povlakem je povlak na bázi oxidu zirkoničitého.

22. Způsob podle nároku 20, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že tepelně-bariérový povlak se aplikuje za použití technologického postupu tepelného nastříkávání.

23. Způsob podle nároku 22, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že technologickým postupem tepelného nastříkávání je plazmatické nastříkávání.

24. Způsob podle nároku 19, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že vrchním ochranným povlakem je povlak odolný vůči opotřebení.

25. Způsob podle nároku 19, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že vrchní ochranný povlak obsahuje materiál zvolený ze skupiny zahrnující karbidy kovů, oxid hlinitý, mullit, zirkon, kobalt-molybden-chrom-křemík, sklokeramiku na bázi stroncium-vápník-zirkoničitan, a jejich směsi.

26. Způsob aplikování kovového vazebního povlaku na bázi komplexních sloučenin hliníku nebo slitiny MCrAlY na substrát z vysoce legované slitiny, kde M je nikl, kobalt, nebo jejich směs, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zahrnuje následující kroky:

(I) aplikování kašovitě suspenze, která obsahuje tekavou složku a směs pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku, na substrát, přičemž pájecí materiál obsahuje alespoň 40 % hmotn. niklu a pájecí materiál vykazuje průměrnou velikost částic v rozmezí od 40 do 80 mikrometrů, a materiál vazebního povlaku vykazuje průměrnou velikost částic v rozmezí od 150 do 300 mikrometrů;

(II) vysoušení kašovitě suspenze za podmínek postačujících pro odstranění alespoň části tekavé složky, za vytvoření syrového povlaku; a

(III) pájení syrového povlaku k povrchu substrátu, přičemž vazební povlak obsahuje alespoň jeden materiál zvolený ze skupiny obsahující: aluminid, platina-aluminid, nikl-aluminid, platina-nikl-aluminid, a slitiny chemického vzorce MCrAlX, kde složka M je zvolená ze skupiny zahrnující železo Fe, nikl Ni, kobalt Co, a jejich libovolné směsi; a kde složka X je zvolená ze skupiny zahrnující yttrium Y, tantal Ta, křemík Si, hafnium Hf, titan Ti, zirkon Zr, bór B, uhlík C a jejich kombinace, a všechny kombinace výše uvedených.

27. Způsob podle nároku 26, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že na vazební povlak se nanáší tepelně-bariérový povlak na bázi oxidu zirkoničitého.

28. Způsob nahrazování vazebního povlaku opatřeného na substrátu na bázi kovu, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že zahrnuje následující kroky:

(i) odstraňování stávajícího vazebního povlaku z vybrané oblasti povrchu substrátu;

(ii) aplikování kašovitě suspenze, která obsahuje pájecí materiál, na uvedenou vybranou oblast, přičemž tato kašovitá suspenze dále obsahuje tekavou složku a pájecí materiál vykazuje průměrnou velikost částic v rozmezí od 20 do 150 mikrometrů;

přičemž pájecí materiál a vazební povlak se nanášejí na substrát současně, přičemž vazební povlak obsahuje alespoň jeden materiál zvolený ze skupiny obsahující: aluminid, platina-aluminid, nikl-aluminid, platina-nikl-aluminid, a slitiny chemického vzorce MCrAlX, kde složka M je zvolená ze skupiny zahrnující železo Fe, nikl Ni, kobalt Co, a jejich libovolné směsi; a kde složka X je zvolená ze skupiny zahrnující yttrium Y, tantal Ta, křemík Si, hafnium Hf, titan Ti, zirkon Zr, bór B, uhlík C a jejich kombinace, a všechny kombinace výše uvedených;

(iii) natavování pájecího materiálu a materiálu vazebního povlaku na uvedenou vybranou oblast.

29. Způsob podle nároku 28, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že substrátem na bázi kovu je dílčí součást turbínového zařízení.

5 30. Kašovitá suspenze, zahrnující pájecí materiál obsahující alespoň jeden kov zvolený ze skupiny zahrnující nikl, kobalt, železo, drahý kov, a směs, která obsahuje alespoň jeden z uvedených kovů, a materiál vazebního povlaku obsahující alespoň:

10 a. slitinu chemického vzorce MCrAlX, kde složka M je zvolená ze skupiny zahrnující železo Fe, nikl Ni, kobalt Co, a jejich libovolné směsi; a kde složka X je zvolena ze skupiny zahrnující yttrium Y, tantal Ta, křemík Si, hafnium Hf, titan Ti, zirkon Zr, bór B, uhlík C a jejich kombinace; a

15 b. materiál zvolený ze skupiny obsahující: aluminid, platina–aluminid, nikl–aluminid, platina–nikl–aluminid, a jejich směsi.

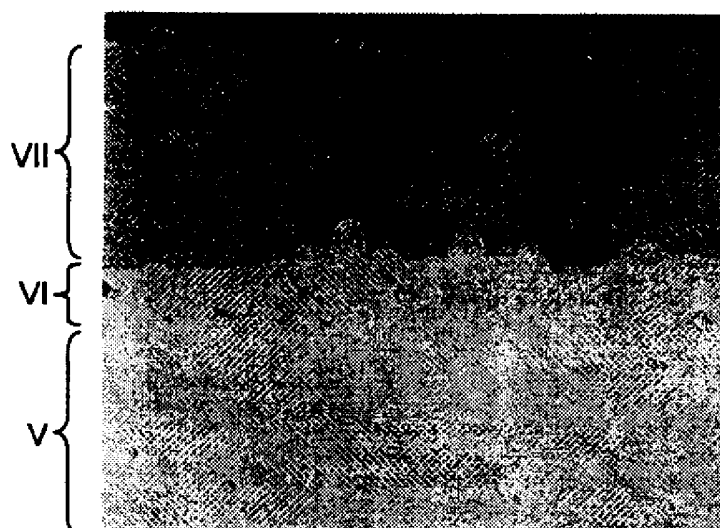
31. Kašovitá suspenze podle nároku 30, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že pájecí materiál obsahuje alespoň asi 40 % hmotn. niklu.

20 32. Kašovitá suspenze podle nároku 30, **v y z n a ě u j í c í s e t í m**, že materiál vazebního povlaku je ve formě částic, a tyto částice vykazují průměrnou velikost alespoň asi 45 mikrometrů.

25 l výkres



obr. 1



obr. 2

Konec dokumentu
