

PATENTOVÝ SPIS

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **1999-3335**
(22) Přihlášeno: **24.02.1998**
(30) Právo přednosti: **21.03.1997 DE 1997/19711829**
(40) Zveřejněno: **16.08.2000**
(**Věstník č. 8/2000**)
(47) Uděleno: **11.06.2008**
(24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **23.07.2008**
(**Věstník č. 30/2008**)
(86) PCT číslo: **PCT/EP1998/001044**
(87) PCT číslo zveřejnění: **WO 1998/042635**

(11) Číslo dokumentu:

299 421

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:
C04B 35/573 (2006.01)
C04B 35/80 (2006.01)

(56) Relevantní dokumenty:
WO 9613471 A1; EP 541917 A2; US 4747873.

- (73) Majitel patentu:
Daimler AG, Stuttgart, DE
- (72) Původce:
Dietrich Gerd, Burgrieden, DE
Haug Tilmann, Uhldingen-Mühlhofen, DE
Kienzle Andreas, Stuttgart, DE
Schwarz Christian, Erlangen, DE
Stöver Heike, Dresden, DE
Weisskopf Karl, Bonn, DE
Gadow Rainer, Aschau am Inn, DE
- (74) Zástupce:
Čermák Hořejš Matějka a spol., JUDr. Jan Matějka,
advokát, Národní 32, Praha 1, 11000

(54) Název vynálezu:
**Způsob výroby vláknky vyztuženého
kompozitního keramického materiálu a
kompozitní keramický materiál vyztužený
vláknky**

- (57) Anotace:
Způsob výroby vláknky vyztuženého kompozitního keramického materiálu s vláknky odolávajícími vysokým teplotám na bázi vláken uhlíku nebo vláken karbidu křemíku, která jsou reaktivně vázána s matricí na bázi křemíku, se provádí tak, že a) svazky vláken z karbidu křemíku nebo uhlíku se impregnují pojivem vhodným k pyrolýze a toto pojivo se vytvrdí, b) vytvoří se směs ze svazků vláken impregnovaných v kroku a) plnidel a pyrolýzovatelných pojiv, c) tato směs se lisuje pro výrobu polotovaru, d) polotovar se pyrolýzuje ve vakuu nebo v ochranném plynu pro výrobu porézního tvarového tělesa z uhlíku vyztuženého vláknky, e) toto porézní tvarové těleso z uhlíku vyztuženého vláknky se křemíkuje infiltrováním roztaveného křemíku do porézního tvarového tělesa a částečnou reakcí uhlíku na karbid křemíku. V matrici jsou statisticky rozloženy uloženy svazky krátkých vláken, které sestávají z jednotlivých vláken sdružených do svazků při praktickém zachování jednotlivých vláken, přičemž tyto svazky krátkých vláken jsou alespoň ve své okrajové oblasti opatřeny povlakem z uhlíku, který zcela nebo částečně zreagoval s materiálem matrice.

CZ 299421 B6

Způsob výroby vlákný vyztuženého kompozitního keramického materiálu a kompozitní keramický materiál vyztužený vlákny

5 Oblast techniky

Vynález se týká způsobu výroby vlákný vyztuženého kompozitního keramického materiálu s vlákny odolávajícími vysokým teplotám na bázi vláken uhlíku nebo vláken karbidu křemíku, která jsou reaktivně vázána s matricí na bázi křemíku. Vynález se dále týká kompozitního keramického materiálu vyztuženého vlákny.

Dosavadní stav techniky

15 Kompozitová keramika a způsoby její výroby jsou známy z německého patentového spisu číslo DE-A 4 438 455.

Uhlík vyztužený uhlíkovými vlákny (C-C, označovaný také jako CFRC nebo podle německého označení CFC) patří již dávno k úspěšně zavedeným keramickým kompozitům.

20 Nedávno vyvinuté vysoce výkonné brzdové systémy na bázi CFC-brzdových kotoučů se speciálně vyvinutým třecím obložením, které se aplikují snad pouze u závodních sportovních automobilů, je však možno vyrábět jen v četných impregnačních, případně karbonizačních a grafitizačních cyklech, takže jde o nanejvýš časově, energeticky a nákladově intenzivní výrobní způsoby, přičemž výrobní cyklus může trvat několik týdnů nebo měsíců. Kromě toho poskytují brzdové kotouče CFC pro nasazení v normálně zatížených sériových vozidlech vlivem vlhkosti a vlivem provozních podmínek při nízkých teplotách zcela nevyhovující brzdící vlastnosti. To se projevuje kromě jiného výrazným nestálým chováním součinitelů tření v závislosti na provozní teplotě a na povrchovém obložení, což neobyčejně ztěžuje nebo zcela znemožňuje řízení, jaké je dosud obvyklé u 4-kanálových ABS systémů. Vzhledem k těmto skutečnostem se konají pokusy vyvinout zlepšené keramické kompozity vyztužené vlákny, kterých může být použito například jako brzdových kotoučů pro vysoce výkonné brzdové systémy automobilů nebo kolejových vozidel. Kromě toho jsou takové vlákny vyztužené keramické kompozity zajímavé také pro četná jiná použití, jako například materiály turbin nebo materiály kluzných ložisek.

35 Už z šedesátých let je sice znám reaktivně vázaný karbid křemíku s infiltrovaným křemíkem (SiSiC) s hmotnostními podíly křemíku (volný křemík) 2 a 15 % a byl zaveden pro rozmanitá použití v oboru tepelné techniky i v obchodně dostupné formě. Avšak i výroba materiálů SiSiC je velmi náročná a drahá.

40 Ze zmíněného německého patentového spisu číslo DE-A 4 438 455 je znám způsob výroby vlákný vyztužené C-SiC kompozitové keramiky, při kterém se vytváří základní těleso, označované zde jako polotovar, z tkanin napuštěných pryskyřicí. Nedostatkem při tom je, že s takovými jen velmi obtížně sestavenými, ne zcela levnými polotovary mohou být vytvářeny nebo vyráběny komplikované struktury s mnoha odpady z prořezu. Tím se známý způsob stává nevýhodným pro sériové nasazení při výrobě konstrukčních dílů, jako jsou brzdové kotouče ve velkých sériích. Způsob laminovaného vytváření struktur vede dále k silné anizotropii takto zhotoveného tělesa, pokud jde o různé vlastnosti, což se projevuje zejména při odvádění tepla z brzdového kotouče jako nedostatek. Kromě toho mají takové brzdové kotouče sklon při opotřebení za určitých okolností k delaminaci, což je obzvlášť nebezpečné.

Je proto úkolem vynálezu vyvinout zlepšené vlákny vyztužené kompozitové keramiky s vlákny odolávajícími vysokým teplotám a způsob její výroby, k umožnění co nejjednodušší nenákladné velkosériové výroby konstrukčních dílů, jako jsou brzdové kotouče se zlepšenými vlastnostmi.

Podstata vynálezu

Uvedený úkol splňuje způsob výroby vlákný vyztuženého kompozitního keramického materiálu s vlákný odolávajícími vysokým teplotám na bázi vláken uhlíku nebo vláken karbidu křemíku, která jsou reaktivně vázána s matricí na bázi křemíku, podle vynálezu, jehož podstatou je, že a) svazky vláken z karbidu křemíku nebo uhlíku se impregnují pojivem vhodným k pyrolýze a toto pojivo se vytvrdí, b) vytvoří se směs ze svazků vláken impregnovaných v kroku a) plnidel a pyrolýzovatelných pojiv, c) tato směs se lisuje pro vyrobení polotovaru, d) polotovar se pyrolýzuje ve vakuu nebo v ochranném plynu pro vyrobení porézního tvarového tělesa z uhlíku vyztuženého vlákný, e) toto porézní tvarové těleso z uhlíku vyztuženého vlákný se křemíkuje infiltrováním roztaveného křemíku do porézního tvarového tělesa a částečnou reakcí uhlíku na karbid křemíku.

Uvedený úkol dále splňuje kompozitní keramický materiál vyztužený vlákný odolávajícími vysokým teplotám na bázi vláken uhlíku nebo vláken karbidu křemíku, která jsou reaktivně vázána s matricí na bázi křemíku a karbidu křemíku, výrobitelný způsobem podle vynálezu, jehož podstatou je, že v matrici jsou statisticky rozložené uloženy svazky krátkých vláken, které sestávají z jednotlivých vláken sdružených do svazků při praktickém zachování jednotlivých vláken, přičemž tyto svazky krátkých vláken jsou alespoň ve své okrajové oblasti opatřeny povlakem z uhlíku, který zcela nebo částečně zreagoval s materiálem matrice.

Výraz „jednotlivá vlákna“ znamená totéž, jako výraz „filamenty“ používaný rovněž v popisu.

Vynález je založen na poznatku, že použitím svazků krátkých vláken ke zpevnění pojivového materiálu se výroba podstatně zjednoduší, neboť jednotlivé složky je možno předběžně promístit a vylisovat do polotovarů, které se pak musí už jen pyrolýzovat a infiltrovat taveninou. Tím je umožněn podstatně zjednodušený způsob výroby, který je vhodný pro výrobu ve velkých sériích.

Kromě toho se dále zjistilo, že výhodných vlastností, jako je kvazi duktilní, neboli tvárné, chování, se může dosahovat v podstatě zpevněním vláken při výrobě infiltrováním křemíkové taveniny ve skutečnosti pouze tehdy, když se k vyztužení vlákný použijí svazky vláken, které jsou spolu drženy vhodným pojivem a jsou chráněny před agresivním napadením křemíkovou taveninou. Toho se podle vynálezu dosahuje impregnační svazků vláken pojivem vhodným k pyrolýze a následným zpevněním pojiva. Touto impregnační operací se uskuteční bezpečné vzájemné držení jednotlivých vláken ve svazku vláken i postačující mechanická stabilita svazků vláken, přičemž se při následném smísení s ostatními složkami k výrobě polotovaru do velké míry zabrání mechanickému poškození choulostivých jednotlivých filamentů.

U hotových kompozitů se ochrana svazků vláken proti napadení křemíkovou taveninou projevuje v tom, že svazky vláken jsou alespoň ve své okrajové oblasti obklopeny vrstvou uhlíku, který reagoval úplně nebo částečně se základní hmotou (tedy s křemíkem nebo jeho sloučeninami).

Tak se dá poměrně jednoduchým a levným způsobem připravovat vlákný vyztužená kompozitová keramika, která má výrazně zlepšené vlastnosti oproti dosavadním kompozitům a hodí se tak zejména jako brzdové destičky, popřípadě brzdové kotouče, pro vysoce výkonné systémy pro sériová silniční nebo kolejová vozidla.

Je zřejmé, že pojem křemíková tavenina nezahrnuje pouze čistou křemíkovou taveninu, ale také technické křemíkové taveniny, které obsahují obvyklé nečistoty nebo popřípadě přísady legujících prvků. Ke zpevnění vlákný se podle vynálezu používá s výhodou uhlíkových vláken, popřípadě vláken z karbidu křemíku, ačkoli v zásadě je možné použití také jiných vláken odolávajících vysokým teplotám na bázi Si/C/B/N, která byla částečně právě vyvinuta, což podle vlastností použitých vláken vede popřípadě dokonce ještě k dalším přednostem. Jako cenově zvlášť výhodné produkty přicházejí v úvahu vlákna oxidu hliníku.

Podle dalšího výhodného provedení vynálezu se vyrábějí svazky vláken vazbou jednotlivých filamentů za přísady šlichty.

5 Vazba pomocí šlichty probíhá zpravidla u výrobce svazků vláken bezprostředně po vyrobení jednotlivých filamentů zvlákňovacími tryskami. Nato se svazky vláken většinou okamžitě řezou na požadovanou délku („stříž“).

10 V dalším vhodném provedení vynálezu se svazky vláken po impregnaci a zpevnění pojiva kondicionují ochrannou vrstvou proti křemíkování vhodnou pro pyrolýzu.

15 Tímto přídavným povlečením svazků vláken vhodnou ochrannou vrstvou pro pyrolýzu se dosahuje výhodného přídavného povlečení svazků vláken na jejich vnějším obvodě, čímž se jednak zmírní nebezpečí mechanického poškození svazků vláken během lisovacího procesu k výrobě polotovaru, jednak se docílí do velké míry uchování jednotlivých filamentů v konečném produktu, přičemž chemické napadení tekutou křemíkovou taveninou, ke kterému dochází při použití uhlíkových vláken reakcí na karbid křemíku, vlivem ochranné vrstvy z uhlíku nebo případně keramiky vytvořené při pyrolýze se do značné míry zachytí, takže v každém případě reaguje jen málo jednotlivých filamentů v okrajových oblastech svazků vláken ještě s křemíkem k vytvoření karbidu křemíku.

20 V dalším výhodném provedení vynálezu se svazky vláken kondiciují polymerní látkou s vysokým obsahem uhlíku, která při pyrolýze vytvoří pevný uhlík a s výhodou se impregnují pryskyřicí nebo směsí pryskyřic ze skupiny fenolových pryskyřic. Tím se vytvoří velmi účinná ochranná vrstva proti křemíkování.

25 Podle dalšího výhodného provedení vynálezu se provádí impregnace zředěným nebo rozpuštěným pojivem, s výhodou v mísiči nebo v míchacím zařízení tak, že po odpaření a vysušení se vytvoří tyčinky vlákniny, které se spolu neshlukují, přičemž však vláknová vazba jednotlivých svazků vláken zůstává zachována.

30 Toto opatření má tu přednost, že svazky vláken mohou být jednoduchým způsobem přeměněny na vláknové tyčinky, které se navzájem neshlukují, takže je zachována sypkost, která je pak výhodná pro pozdější mísicí proces a má značný technický význam.

35 Podle dalšího výhodného provedení vynálezu se k impregnaci materiálu, tvořícího při pyrolýze pevný uhlík, používá s výhodou smola nebo termoplast.

40 Obzvláště při kombinaci této impregnace s navazující kondicionací pryskyřicí nebo podobnou látkou je výsledkem dále zlepšená odolnost kompozitové keramiky proti poškození. V zásadě je však možná napřed impregnace třeba pryskyřicí a pak kondicionace smolou.

45 Podle dalšího provedení vynálezu se používá jako techniky ochrany před křemíkováním materiálu vytvářejícího při pyrolýze karbid křemíku, s výhodou ze skupiny křemíko-organických polymerů, obzvláště polykarbosilanu.

Také tímto způsobem se dá docílit účinné ochrany svazků vláken před napadením křemíkovou taveninou během infiltrace, jelikož karbid křemíku, vytvořený již při pyrolýze, brání další reakci vláken s křemíkem.

50 Podle dalšího provedení vynálezu se jako ochranná vrstva před infiltrováním roztaveného křemíku a částečnou reakcí uhlíku porézního tvarového tělesa na karbid křemíku použije při pyrolýze keramizující materiál ze skupiny organických polymerů křemíku nebo boru, zejména polyborosilazanů, čímž rovněž lze dosáhnout zlepšené ochrany proti chemickému napadení roztaveným křemíkem.

55

Dále se podle vynálezu používá svazků vláken, které vykazují 1000 až 14 000 jednotlivých vláken se středním průměrem přibližně 5 až 10 μm o délce přibližně 1 až 30 mm, s výhodou přibližně 3 až 16 mm.

- 5 Tak je možno používat obchodně dostupných pramenů (například tak zvaných 12K–svazků), což umožňuje nákladově výhodnou výrobu.

Ve výhodném provedení vynálezu se používá k výrobě směsi přibližně objemově 20 až 50 %, s výhodou přibližně 30 až 40 % svazků vláken, uvedeno v % objemových.

- 10 Ukázalo se, že při tomto objemovém poměru lze dosáhnout do velké míry optimalizace mechanických a tepelných vlastností.

- 15 V dalším výhodném provedení vynálezu se do směsi k výrobě polotovaru přidávají plnidla obsahující uhlík, s výhodou saze nebo grafit.

Takovými plnidly se podporuje soudržnost při výrobě případně při následné pyrolýze polotovaru, pyrolýza se urychluje a sníží se objemové změny konstrukčního dílu při pyrolýze.

- 20 V dalším výhodném provedení vynálezu se do směsi k výrobě polotovaru nebo k impregnaci nebo kondicionaci materiálů svazků vláken přidávají plnidla ve formě křemíku, karbidů, nitridů nebo boridů přechodných kovů, s výhodou karbid křemíku, karbid nebo borid titanu, v práškové formě.

- 25 Vlivem přísad takových tvrdých plnidel se zlepšuje odolnost kompozitové keramiky proti opotřebení.

Směs jednotlivých složek se připravuje v hnětači nebo v mísiči za přidávání tepelně vytvrditelných pojiv, směs se vylišuje ve formě a vytvrdí se na polotovar.

- 30 Při tom je možno polotovar před pyrolýzou nebo po ní dodatečně mechanicky opracovat na požadovaný tvar před provedením infiltrace křemíkové taveniny. Tímto způsobem je možno výrazně snížit náklady na dodatečné opracování, jelikož polotovary vykazují jen malou odolnost proti opotřebení a lze je i po pyrolýze obrábět s malými náklady.

- 35 V dalším výhodném provedení vynálezu se směs volbou zúčastněných látek a jejich podílů nastaví tak, že tvarová tělesa, vytvořená při pyrolýze polotovaru, vykazují porozitu přibližně 20 až 50 %.

- 40 Jelikož se porozita dá volbou přísad a jejich množství snadno ovlivňovat, je možno nastavit optimální objemový poměr mezi kovem infiltrovaným taveninou a ostatními složkami kompozitu, mezi svazky vláken, plnidly a uhlíkovými prekurzory k dosažení optimalizovaných mechanických a tepelných vlastností.

- 45 V dalším výhodném provedení vynálezu se přidávají do směsi s výhodou místo termoplastů nebo duromerů pojiva, která mají příznivou pyrolýzní kinetiku, jako polyvinylalkohol nebo methylcelulóza, čímž se usnadní kombinace pyrolýzy a křemíkování.

- 50 Urychlením pyrolýzní operace ji lze kombinovat s infiltrací taveniny, čímž se výrazně zvýší hospodárnost.

Je zřejmé, že vyjmenované a ještě dále uvedené znaky jsou použitelné nejenom ve vyjmenovaných kombinacích, ale i v jiných kombinacích nebo v jednotlivostech, aniž dojde k odchýlení z rozsahu vynálezu.

Vynález objasňuje, nijak však neomezuje následující příklad praktického provedení pomocí přiložených obrázků.

5 Přehled obrázků na výkresech

- Na obr. 1 je znázorněn výrobní postup (zleva doprava) vylisovaného polotovaru jako tělesa CFK a brzdového kotouče z C/Si-SiC obrobeného v syrovém stavu v konečném stavu.
- 10 Na obr. 2 je mikrosnímek výbrusu základní hmoty kompozitu po pyrolýze a po infiltraci taveniny tekutého křemíku ve zvětšení 200x.
- 15 Na obr. 3 je mikrosnímek příčného výbrusu získanými svazky vláken po infiltraci taveniny; je patrné, že svazky vláken dvojnásobným povlečením zůstávají prakticky plně zachovány.
- 20 Na obr. 4 je mikrosnímek z řádkového elektronového mikroskopu rozmezí mezi vlákny a základní hmotou, ze kterého je patrné, že kompozit je vlivem efektu prodloužení vláken quasi-duktilní.

Na obr. 1 je znázorněn příklad provedení k výrobě brzdového kotouče, přičemž vlevo je tvarově stabilní polotovar CFK vylisovaný při zvýšené teplotě přibližně 150 °C, který byl pak vrtán a pyrolýzován (uprostřed), po pyrolýze znovu opracován (vpravo) a teprve potom infiltrován technickou křemíkovou taveninou.

Struktura po infiltraci taveniny je patrna na obr. 2.

30 Příklady provedení vynálezu

Svazky uhlíkových vláken o délce 3 mm a nedefinované tloušťce svazků se impregnují napuštěním svazků vláken smolou a pak se vysuší. Následuje kondicionace napuštěným roztokem fenolové pryskyřice a následným vysušením. Takto povlečená vlákna tvoří základ pro výrobu lisovací hmoty, která se připraví mísicím hnětači za přísady uhlíkového prášku a fenolové pryskyřice.

35 Během hnětení se kontinuálně přidává směs TiC a B₄C ve formě prášku o střední velikosti částic D₅₀ 3 μm a D₅₀ 5,5 μm. K vylisování takto připravené hmoty se použije lisovací matrice blízká konečnému tvaru, ve které se hmota vytvrdí při teplotě nejméně 150 °C na tvarově stabilní kotouče CFK. Následuje pyrolýza při teplotě přibližně 800 °C v pyrolyzační peci v ochranném prostředí.

40

Případné nutné opracování na konečný tvar je možné v tomto stadiu velmi jednoduše a levně obvyklým způsobem, například soustružením (obr. 1).

45 Po tomto opracování se materiál infiltruje tekutou křemíkovou taveninou při teplotě přibližně 1600 °C ve vakuu. Následuje vychladnutí na teplotu místnosti.

Jak patrné z mikrosnímku výbrusu, vedeného jednotlivými svazky uhlíkových vláken (obr. 3), zůstávají svazky uhlíkových vláken během celého výrobního procesu prakticky dokonale zachovány a na svém okraji jsou postačujícím způsobem chráněny před reaktivním napadením křemíkovou taveninou dvojnásobným povlakem fenolovou pryskyřicí a smolou.

50

Na snímku z řádkovacího elektronového mikroskopu (obr. 4) rozhraní mezi vláknem a základní hmotou je patrné, že vyrobený kompozit je vlivem prodloužení vláken quasi-duktilní.

Průmyslová využitelnost

- 5 Levný, jednoduchý způsob hromadné výroby brzdových konstrukčních dílů, zejména brzdových destiček a brzdových kotoučů s vysokou odolností proti opotřebení a s vysokou odolností vůči vysokým teplotám.

10

PATENTOVÉ NÁROKY

- 15 **1.** Způsob výroby vlákny vyztuženého kompozitního keramického materiálu s vlákny odolávajícími vysokým teplotám na bázi vláken uhlíku nebo vláken karbidu křemíku, která jsou reaktivně vázána s matricí na bázi křemíku, **vyznačující se tím**, že

a) svazky vláken z karbidu křemíku nebo uhlíku se impregnují pojivem vhodným k pyrolýze a toto pojivo se vytvrdí,

20

b) vytvoří se směs ze svazků vláken impregnovaných v kroku a) plnidel a pyrolýzovatelných pojiv,

c) tato směs se lisuje pro vyrobení polotovaru,

25

d) polotovar se pyrolýzuje ve vakuu nebo v ochranném plynu pro vyrobení porézního tvarového tělesa z uhlíku vyztuženého vlákny,

e) toto porézní tvarové těleso z uhlíku vyztuženého vlákny se křemíkuje infiltrováním roztaveného křemíku do porézního tvarového tělesa a částečnou reakcí uhlíku na karbid křemíku.

30

2. Způsob podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že svazky vláken se vyrobí sdružováním jednotlivých vláken do svazků při přidání šlichty.

35 **3.** Způsob podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že svazky vláken se po impregnování, před infiltrováním roztaveného křemíku a částečnou reakcí uhlíku porézního tvarového tělesa na karbid křemíku, přidavně kondiciují nanesením ochranné vrstvy vhodné pro pyrolýzu.

40 **4.** Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že pro impregnování se použije materiál, který při pyrolýze vytváří pevný uhlík, s výhodou smělu.

5. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že svazky vláken se po impregnování, před infiltrováním roztaveného křemíku a částečnou reakcí uhlíku porézního tvarového tělesa na karbid křemíku, kondiciují jako ochrannou vrstvou polymerním materiálem s vysokým obsahem uhlíku, zejména pryskyřicí nebo směsí pryskyřic ze skupiny fenolových pryskyřic, který při pyrolýze vytvoří uhlík.

45

6. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že jako ochranná vrstva před infiltrováním roztaveného křemíku a částečnou reakcí uhlíku porézního tvarového tělesa na karbid křemíku se použije materiál vytvářející při pyrolýze karbid křemíku, zejména ze skupiny organických polymerů křemíku, obzvláště polykarbosilanu.

50

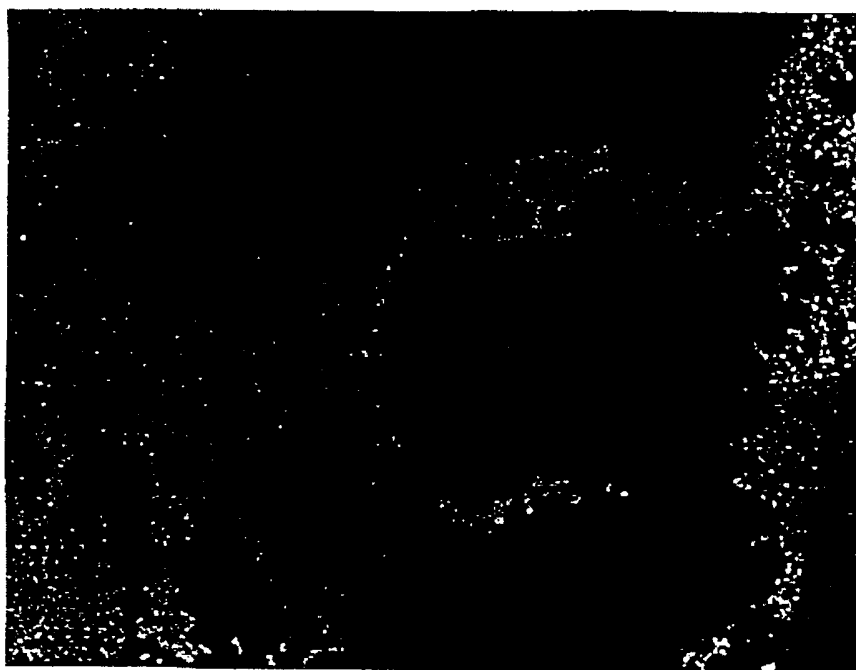
7. Způsob podle nároku 3, **vyznačující se tím**, že jako ochranná vrstva před infiltrováním roztaveného křemíku a částečnou reakcí uhlíku porézního tvarového tělesa na karbid křemíku se použije při pyrolýze keramizující materiál ze skupiny organických polymerů křemíku nebo boru, zejména polyborosilazanů.
8. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že impregnování se provádí zředěným nebo rozpuštěným pojivem, zejména v mísiči nebo míchacím zařízení, tak, že při odpaření nebo vysušení se vytvoří tyčinky z vláknité látky, které se spolu neshlukují, přičemž však spojení jednotlivých svazků vláken zůstane zachováno.
9. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že se použijí svazky vláken sestávající z 1000 až 14 000 jednotlivých vláken se středním průměrem 5 až 10 μm .
10. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že se použijí svazky vláken, které mají délku 1 až 30 mm, s výhodou 3 až 16 mm.
11. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že pro vytvoření směsi se použije 20 až 50 % obj., s výhodou 30 až 40 % obj., svazků vláken.
12. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že do směsi pro výrobu polotovaru se v kroku b) přidávají plnidla obsahující uhlík, zejména saze nebo grafit.
13. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že do směsi pro výrobu polotovaru nebo do materiálů použitých pro impregnování nebo kondicionování svazků vláken se přimíchají plnidla ve formě křemíku, karbidů, nitridů nebo boridů přechodných kovů, zejména karbid křemíku, karbid titanu nebo borid titanu, v práškovité formě.
14. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že směs se v kroku b) připraví v hnětači nebo mísiči za přidání tepelně vytvrditelných pojiv a následně se vylišuje ve formě a vytvrdí na polotovar.
15. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že polotovar se před nebo po pyrolýze mechanicky dodatečně obrobí na požadovaný lícovaný tvar ještě před provedením infiltrování křemíkovou taveninou.
16. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že poréznost tvarového tělesa pyrolýzovaného podle kroku d) se nastaví na 20 až 50 %.
17. Způsob podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že do směsi se přidají pojiva, zejména polyvinylalkohol nebo methylcelulóza, která mají příznivou pyrolýzní kinetiku, pro podpoření kombinace pyrolýzy a křemíkování.
18. Kompozitní keramický materiál vyztužený vlákny, odolávajícími vysokým teplotám na bázi vláken uhlíku nebo vláken karbidu křemíku, která jsou reaktivně vázána s matricí na bázi křemíku a karbidu křemíku, výrobitelný způsobem podle jednoho z předcházejících nároků, **vyznačující se tím**, že v matrici jsou statisticky rozložené uloženy svazky krátkých vláken, které sestávají z jednotlivých vláken sdružených do svazků při praktickém zachování jednotlivých vláken, přičemž tyto svazky krátkých vláken jsou alespoň ve své okrajové oblasti opatřeny povlakem z uhlíku, který zcela nebo částečně zreagoval s materiálem matrice.



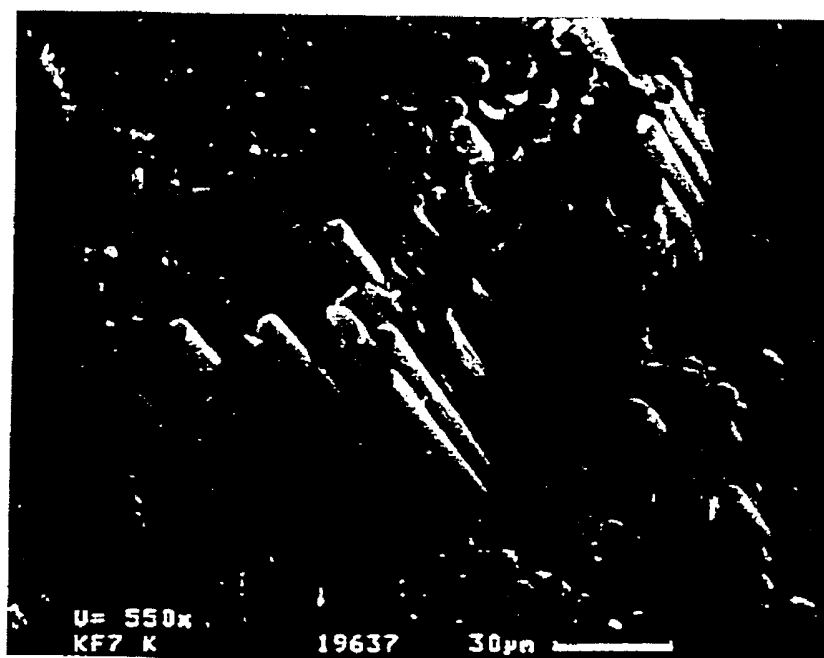
OBR. 1



OBR. 2



OBR. 3



OBR. 4

Konec dokumentu
