

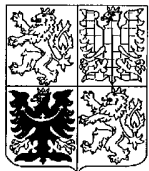
PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 3344

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **13.09.2000**

(32) Datum podání prioritní přihlášky: **16.09.1999**

(31) Číslo prioritní přihlášky: **1999/19944345**

(33) Země priority: **DE**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.11.2001**
(Věstník č. 11/2001)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

C 04 B 35/71

(71) Přihlašovatel:

SGL CARBON AKTIENGESELLSCHAFT,
Wiesbaden, DE;

(72) Původce:

Gruber Udo, Neusäss, DE;
Heine Michael Dr., Allmannshofen, DE;
Kienzle Andreas Dr., Thierhaupten, DE;

(74) Zástupce:

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

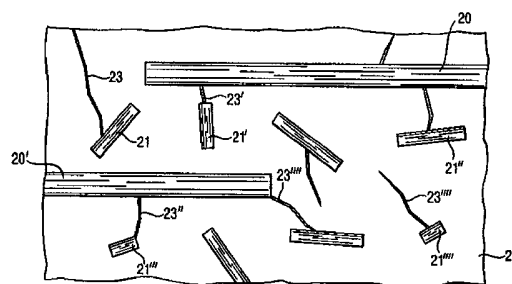
(54) Název přihlášky vynálezu:

Vlákný vyztužený sendvič s keramickou maticí a způsob jeho výroby a jeho použití

(57) Anotace:

Sendvič sestává z vláken a/nebo svazků vláken, který sestává ze dvou různých podílů (4, 5) vláken (20, 20', 21, až 21'''), která mají různou střední délkou vláken (20, 20', 21, až 21'''), přičemž tyto oba podíly (4, 5) vláken (20, 20', 21 až 21''') jsou v celkovém rozložení (1) vláken (20, 20', 21, až 21''') v návaznosti na délku vláken (20, 20', 21 až 21''') odděleny minimem (6) celkového rozložení (1) vláken.

Způsob spočívá v tom, že se používají jako výchozí látky dva různé podíly (4, 5) vláken (20, 20', 21, až 21'''), podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') a podíl (4) maticových vláken (21, až 21''') s různými délkami, přičemž se v celkovém rozložení (1) vláken (20, 20', 21 až 21''') v návaznosti na délku vláken (20, 20', 21 až 21''') vytvoří mezi středními délkami podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') a podílu (4) maticových vláken (21 až 21''') minimum (6). Sendviče podle vynálezu se používají zejména u stanovených součástí vystavených vysokému teplotnímu zatížení.



Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí a způsob jeho výroby a jeho použití

Oblast techniky

Předložený vynález se týká vlákny vyztuženého sendviče s keramickou maticí a způsobu jeho výroby a jeho použití.

Dosavadní stav techniky

Vysokým teplotám odolnými vlákny a/nebo svazky vláken vyztužené sendviče s keramickou maticí jsou známé již kolem 10 let a používají se v mnoha případech použití, kde jsou na tyto materiály kladeny extrémně vysoké požadavky, jako odolnost proti vysokým teplotám a současně vysoká pevnost a duktilita.

Rozsah, ve kterém se vlákny a/nebo svazky vláken vyztužené sendviče s keramickou maticí, v následujícím krátce označované jako CMC-sendviče, mohou použít v oblastech s požadavky na vysoké teploty, nezávisí na struktuře matrice sendviče. Pokud je matrice sendviče sestavena z různých fází, může se struktura matrice na povrchu CMC-sendviče poškodit uvolněním fáze matrice, která se může tavit při nízkých teplotách a může podléhat chemickým procesům jako oxidace, čímž je doba použití CMC-sendvičů v současné době omezena. Tyto problémy se mohou zvětšit, když je CMC-sendvič přidavně vystaven mechanickému otěru. Přitom se uvolňují stále nové krystality matric, korodujících již při nižších teplotách, které se velmi rychle degradují. Kromě toho mezery v matici sendviče, vznikající vypadávajícími krystalitami vytvářejí možnost zvýšeného mechanického záběru. Struktura matrice dále hraje roli při mechanickém namáhání CMC-sendviče ve vztahu k trhlinám, protože u matrice s trhlinami se mohou také mechanicky podstatně snadněji vytrhnout ze sendviče součásti matrice.

Oblasti použití CMC-sendvičů, u nichž hraje podstatnou roli mechanické namáhání, představují například použití CMC-prvků jako komponent kluzných ložisek a třecích obložení, jako brzdových kotoučů a brzdových obložení. Dříve byly v oblasti brzdových obložení používány zejména sendviče s uhlíkovou maticí, vyztužené uhlíkovými vlákny, tak zvané CFC-sendviče. Tyto materiály však mají nevýhodu nedostatečné teplotní odolnosti materiálu proti oxidaci. Proto existují snahy nahradit uhlíkovou maticí sendviče maticí odolnou proti oxidaci. Přitom se pracuje především se SiC-maticí odolnou proti oxidaci při podstatně vyšších teplotách (1500 °C) s a bez přídatné povrchové ochranné vrstvy, takže se dnes pro třecí obložení jako brzdové kotouče a brzdová obložení používají především uhlíkovými vlákny vyztužené sendviče se SiC-maticí, dále označované jako C/SiC-sendviče.

Existuje také řada způsobů výroby C/SiC-sendvičů, zejména také s ohledem na jejich použití jako komponent brzdových systémů. Tak v DE 197 10 105 a DE 197 11 829 jsou popsány způsoby k výrobě C/SiC-sendvičů, při nichž se alespoň jedna vrstva uhlíku, případně svazek vláken, opatřený ztužující vrstvou pojiva, smíchá s pojivy obsahujícími uhlík s nebo bez dalších plniv, potom se směsi lisují a vytvrdí se, dříve než se karbonizují, případně grafitují a následně se infiltrují tekutým křemíkem.

Odchylný způsob výroby C/SiC sendvičů je popsán v DE 197 49 426. Zde se mřížka z uhlíkových vláken nejprve infiltruje pryskyřicí a následně se vytvrdí. Takto vznikající základní těleso se potom, jako u jiných již popsaných způsobů karbonizuje a infiltruje křemíkem.

Všechny C/SiC-sendviče dosud vyráběné podle shora uvedených způsobů mají nehomogenní strukturu matrice, která se v případě způsobu podle DE 197 10 105 a DE 197 11 829 na

základě toho vyznačuje tím, že matrice má velké trhliny, které probíhají mezi jednotlivými vlákny a/nebo svazky vláken sendviče. Příčinou toho jsou zřetelně rozdílné součinitele tepelné roztažnosti uhlíkových vláken a SiC tvořící matrici, čímž se při ochlazení silikovaných vzorků vytváří v matrici napětí, které se relaxuje v trhlinách (Werkstoffwoche '98, svazek VII, strana 551). Kromě toho má matrice také fáze čistého uhlíku a/nebo křemíku a tím nemá nijak homogenní složení. Oblasti uhlíku oxidují, to znamená vyhoří ze sendviče, při vyšším teplotním namáhání a oblasti křemíku se taví již při teplotě 1400 °C. Tím těmito způsoby dosud nelze docílit strukturu matrice C/SiC-sendvičů, která je vhodná k dlouhodobému teplotnímu zatížení při vysokých teplotách, zejména při přídatném mechanickém namáhání.

Také podle způsobu podle DE 197 49 462 vyrobené C/SiC-sendviče nemají homogenní matrici. Při tomto výrobním postupu se objevují v matrici velké trhliny již během karbonizace. Tyto se potom při následném křemíkování vyplní tekutým křemíkem, který reaguje s uhlíkovou matricí na SiC. V matrici však zůstávají nezreagované oblasti uhlíku a struktura obsahuje v matrici trhliny.

Těmito obvykle používanými způsoby k výrobě C/SiC-sendvičů není tedy dosud možné vyrobit C/SiC-sendvič, který má pokud možno malý podíl křemíkové a uhlíkové fáze a pokud možno nemá strukturu trhlín, respektive je bez struktury trhlín, která negativně působí při mechanickém namáhání. C/SiC-sendvič s pokud možno malým podílem křemíkové a uhlíkové fáze se však může dosáhnout jiným způsobem. Při tomto způsobu podle DE 197 36 560 se práškový karbid křemičitý, který má jednozrnný podíl se střední zrnitostí maximálně 2 µm a hrubozrnný podíl se střední zrnitostí mezi 1,5 µm a 30 µm, smíchá se ztužujícími vlákny, potom se vytvaruje a následně se slinuje. Poněvadž přitom vzniká C/SiC-sendvič s otevřenými

póry, následně se infiltruje karbonizovatelnou substancí, potom se karbonizuje a následně se jako obvykle infiltruje a křemíkuje tekutým křemíkem. Tento výrobní postup sice vede k cíli, který spočívá ve zlepšené matici, oproti jiným způsobům má ale nevýhodu, že je po prvním vytvoření SiC-matrice potřebný další infiltrační krok materiálem uvolňujícím uhlík a následující sycení křemíkem, takže způsob neposkytuje hospodárnou výrobu C/SiC-sendvičů. Kromě toho není tímto způsobem řešen problém struktury trhlin.

Podstata vynálezu

Úkol vynálezu proto spočívá ve vytvoření vlákny a/nebo svazky vláken vyztužených sendvičů, které mají oproti stavu techniky zlepšenou matici s pokud možná homogenním fázovým složením a maximálně jen jemnou strukturou trhlin a mohou se vyrábět dosud již používanými způsoby.

Shora uvedený úkol se vyřeší pomocí význakové části patentových nároků 1 a 28.

Podle vynálezu je vláknem a/nebo svazkem vláken vyztužený sendvič s keramickou maticí charakterizován tím, že obsahuje vlákna /nebo svazky vláken, které sestávají ze dvou různých podílů, které mají rozdílné střední délky vlákna, přičemž oba tyto podíly vláken jsou v celkovém rozložení vláken a/nebo svazků vláken sendviče v návaznosti na délku vláken odděleny minimem v rozložení vláken.

Tím obsahuje CMC-sendvič podíl vláken a/nebo svazků vláken, které mají v průměru podstatně větší délky vláken, než jiné podíly vláken. V následujícím se v rámci této přihlášky vynálezu, včetně patentových nároků rozumí pod pojmem vlákna jak vlákna tak i svazky vláken.

Účinek vláken z podílu vláken s větší délkou vláken v sendvičích podle vynálezu odpovídá ztužujícímu a duktilizačnímu účinku vláken v CMC-sendvičích, jak je již známo podle stavu techniky u CMC-sendvičích. Tento podíl je proto v následujícím označován jako podíl ztužujících vláken.

Účinek druhého podílu vláken, který se od podílu ztužujících vláken odlišuje minimálně podstatně menší střední délkou vláken, je však překvapivý. Účinek tohoto podílu není jako u podílu ztužujících vláken jen ztužující ve smyslu stávajícího stavu techniky. Tento podíl vláken s malou střední délkou vláken, v následujícím uváděný jako podíl matricových vláken, také ovlivňuje strukturu CMC-matrice, neboť vede k homogenní struktuře matrice, která je charakterizována méně a menšími trhlinami v matrici, takže jiné fáze, než fáze předpokladané ve složení matrici se vyskytují jen ve velmi malém rozsahu.

Vlivem podstatně menší délky a často také malé tloušťky a výšky vláken podílu matricových vláken oproti délce a zbývajícím rozměrům podílu ztužujících vláken se mohou matricová vlákna umístit volně v textuře ztužujících vláken a mohou dobře vyplnit zejména prostor mezi ztužujícími vlákny. Důsledkem toho je zvýšená hustota CMC-sendvičů podle vynálezu a matricová struktura, která je podstatně homogennější, protože vláknitou kostrou sendviče podle vynálezu prochází před křemíkováním podstatně jemnější pórový systém, než je dosud známo ze stavu techniky. Dále ovlivňují geometricky menší matricová vlákna také vznik trhlín v matrici, poněvadž vazba matrice na matricová vlákna nevede v matrici ke stejnému napětí jako u ztužujících vláken. V obou případech sice existuje různý součinitel tepelné roztažnosti mezi matricí a vlákny, u matricových vláken se však vytváří při změně teploty systému vlákno/matrice napětí také v matricových vláknech, což nenastává u velkých tuhých ztužujících vláken. Tím se v matrici

uloženými matricovými vlákny redukuje napětí, čímž má matrice CMC-sendvičů podle vynálezu systém trhlin s méně a menšími trhlinami. Tento efekt je zesílen tím, že se při reakci matrice s vlákny zvláště zkorodují svými rozměry menší matricová vlákna, čímž se sníží hmotnost, takže roste napětí na základě rozdílné tepelné roztažnosti vláken a matrice.

Dále se vynález týká způsobu výroby vlakny vyztužených sendvičů s keramickou matricí, u níž se používají ve výrobním postupu jako výchozí látky dva různé podíly vláken, podíl ztužujících vláken a podíl matricových vláken, s různými délkami, přičemž oba podíly vláken jsou v celkovém rozložení vláken použitých ve výrobním procesu v návaznosti na délku vláken odděleny minimem v rozložení vláken mezi středními délkami vláken podílu matricových vláken a podílu ztužujících vláken.

Vynález se vyznačuje tím, že se mohou k výrobě sendvičů podle vynálezu použít stávající známé způsoby výroby CMC-sendvičů, když se použije v sendviči, jak je shora popsáno, místo dosud jen jednoho podílu vláken podíl ztužujících vláken a podíl matricových vláken. Touto cestou se jen změnou surovin vyrobí CMC-sendvič podle vynálezu, aniž se jinak známé výhody stávajících způsobů stanou nevýhodnými.

Vlákna, která jsou obsažena v CMC-sendviči nebo se používají k výrobě CMC-sendvičů, mají výhodně ochrannou vrstvu k ochraně před narůstající korozi při reakci s matricovým systémem, aby nedošlo ke ztrátě jejich ztužujících vlastností. Zlepšená ochrana vláken vázaných do CMC-sendvičů podle vynálezu se může docílit, kde je to možné, více různými vrstvami nad sebou. Přednostně používané ochranné vrstvy sestávají z uhlíku, grafitu, pyrouhlíku, TiC, TiN, SiC, boridu titanu, boridu zirkonia, boridu hafnia, sloučenin na bázi Si, B, C, N a jejich směsí. Jiná nebo přídatná ochrana vlákna se může docílit tím,

že vlákna používaná při výrobě jsou převrstvena alespoň jednou vrstvou pyrolyzovatelného pojiva, které bylo zpevněno nebo vytvrzeno. Zejména takto převrstvená vlákna se mohou použít ve způsobu výroby podle vynálezu. Ochranná vrstva se pyrolyzuje během výroby CMC-sendviče podle vynálezu.

K vyztužení CMC-sendviče podle vynálezu a při způsobech výroby podle vynálezu se mohou použít všechna vlákna odolná za vysokých teplot, zejména však uhlíková vlákna, grafitová vlákna, SiC vlákna, vlákna oxidu hlinitého, vlákna $Al_2O_3SiO_2$, vlákna $Al_2O_3SiO_2B_2O_3$, karbonizované formy celulósových vláken, dřevěná vlákna a jiná organická vlákna a rovněž za vysokých teplot žáruvzorná vlákna na bázi sloučenin, které obsahují Si, C, B, N, Al. Rovněž se mohou k vyztužení CMC-sendvičů a při jejich výrobě použít místo vláken, případně vláken obsažených ve svazku, také nanovlákna, viskery a nanotrubičky.

Keramická matrice CMC-sendvičů má přednostně alespoň jednu fázi alespoň jedné z látek ze skupiny uhlík, křemík, bór, hliník, zirkonium a/nebo slitin ze skupiny karbid křemičitý, nitrid křemičitý, oxid křemičitý, nitrid bóru, karbid bóru, SiBCN, Al_2O_3 , ZrO_2 , TiC, silicidy železa a jiné silicidy a rovněž sklokeramika. Zvláště přednostně mají sendviče podle vynálezu matici z jen jednoho shora uvedeného materiálu a slitiny a jen velmi málo oblastí se sloučeninou blízkou k hlavní fázi. To znamená, že u slitiny jako matrice jsou v matici k dispozici jen malé podíly fází jednotlivých součástí slitiny. Dále může keramická matrice CMC sendvičů podle vynálezu obsahovat také přísady železa, chromu, titanu, molybdenu, niklu nebo hliníku.

CMC-sendviče, které se dnes již používají pro technické úkoly s vysokými požadavky, obsahují přednostně uhlíková a grafitová vlákna, poněvadž jsou použitelná ve velkém

technickém rozsahu. Jsou vyrobeny pyrolýzou zpravidla na bázi PAN-vláken, vláken ze smůly, smůly z mezifází, viskozových vláken, fenolových vláken, polyfenolových vláken a dutých vláken. Proto jsou také CMC-sendviče podle vynálezu vyztuženy přednostně uhlíkovými nebo grafitovými vlákny, respektive se ve způsobu podle vynálezu přednostně používají uhlíková a grafitová vlákna.

CMC-sendviče podle vynálezu vykazují lepší vlastnosti než C/SiC sendviče, tedy materiály, jejichž keramická matrice obsahuje v podstatě fáze z křemíku, uhlíku a karbidu křemíku.

Při výrobě podílů vláken použitých v CMC-sendvičích podle vynálezu existují různé možnosti. Jedna možnost spočívá v tom, že se čerstvá vlákna s nebo bez ochranné vrstvy nařezají v řezacím zařízení přesně na definované délky. V tomto případě sestává délkové rozložení vláken v sendviči téměř z disktrétních délek, které se mohou skládat. V tomto, jakož i také v jiných případech, je možné složit podíl matricových vláken a/nebo podíl ztužujících vláken z různých podílů vláken. Vynález je však charakterizován tím, že jsou střední délky vláken obou podílů zřetelně navzájem odlišné.

Jiný postup výroby vláken pro jednotlivé podíly vláken spočívá v tom, že se sendvič, který již obsahuje vlákna potřebná pro výrobu CMC-sendviče, přemění drcením nebo mletím na drť, která potom má jako součásti vlákna z rozmělněného sendviče s různou délkou. Třídícími postupy, jako například proséváním, se může drť rozložit na jednotlivé frakce, které se odlišují ve svých rozměrech, zejména v délce vláken. Tyto takto vznikající frakce vláken různých rozložení délek se potom mohou použít jako podíl matricových vláken a/nebo podíl ztužujících vláken k výrobě sendvičů podle vynálezu. Při třídění a zejména prosévání drtě je vždy možné, že jednotlivé frakce vláken obsahují vedle vláken stanovené délky vláken také podíl delších

vláken, to znamená vláken s podstatně větší délkou vláken, než je pro frakci stanovena, poněvadž takováto vlákna mohou při odpovídajícím průřezu z části pokračovat například sítím. Poněvadž tato větší vlákna nemají žádný podstatný vliv na výrobu CMC-sendvičů podle vynálezu, mohou se ve způsobu podle vynálezu používat. Tím může mít rozložení vláken CMC-sendviče podle vynálezu vedle podílu matricového vlákna a podílu ztužujícího vlákna také ještě malý podíl větších vláken.

CMC-sendviče podle vynálezu se oproti CMC-sendvičům, podle stavu techniky vyznačují speciální volbou rozložení geometrických rozměrů v nich obsažených vláken. Rovněž způsob výroby CMC-sendvičů podle vynálezu zlepšuje výrobu CMC-sendvičů tím, že rozložení geometrických rozměrů vláken použitých ve způsobu podléhá výběru.

Toto vybrané rozložení je v následujícím a nárocích popsáno pomocí tak zvaného rozložení vláken. Pod tím se v dalším rozumí rozložení vláken s ohledem na délku vláken, to znamená rozložení z něhož je patrné, jaké množství vláken má stanovenou délku vláken, respektive jaký obsahuje podíl vláken se stanovenou délkou, vztaženo na celkové množství vláken.

Rozložení vláken CMC-sendvičů podle vynálezu a tomu odpovídající způsob výroby, zkráceně rozložení vláken podle vynálezu, se vyznačuje následujícími vlastnostmi:

Střední délka vláken podílu ztužujících vláken leží mezi 4 mm a 20 mm, přednostně mezi 5 mm a 16 mm a zvláště přednostně mezi 6 mm a 12 mm. Polovina šířky rozložení vláken podílu ztužujících vláken z hlediska délky leží mezi 0,01 mm a 15 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 12 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 8 mm.

Střední délka vláken podílu matricových vláken leží

mezi 0,2 a 5 mm, přednostně mezi 0,5 mm a 4 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 3,5 mm. Polovina šířky rozložení vláken podílu matricových vláken z hlediska délky leží mezi 0,01 mm a 5 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 4 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 3,5 mm.

Střední šířka vlákna podílu ztužujících vláken leží mezi 0,02 mm a 5 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 3 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 2 mm. Polovina šířky rozložení šířky vláken podílu matricových vláken leží mezi 0,05 mm a 10 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 7 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 3 mm.

Střední šířka vlákna podílu matricových vláken leží mezi 0,02 mm a 2 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 1 mm a zvláště přednostně mezi 0,3 mm a 0,7 mm. Polovina šířky rozložení šířky vláken podílu matricových vláken leží mezi 0,05 mm a 3 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 2 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 1,5 mm.

Poměr střední délky vláken podílu ztužujících vláken ke střední délce vláken podílu matricových vláken činí mezi 1,5 a 10, přednostně mezi 1,8 a 7 a zvláště přednostně mezi 2,1 a 5.

Poměr střední délky vláken ke střední šířce vláken podílu ztužujících vláken činí mezi 2 a 500, přednostně mezi 3 a 100 a zvláště přednostně mezi 4 a 20.

Poměr střední délky vláken ke střední šířce vláken podílu matricových vláken činí mezi 2 a 500, přednostně mezi 3 a 100 a zvláště přednostně mezi 4 a 20.

Další veličina, kterou se často popisují geometrické rozměry vláken je poměr délka/šířka/výška (L/D/H poměr) vláken,

ve kterém se vychází ze tří geometrických rozměrů vláken, zde zejména svazku vláken, délky vláken, šířky vláken a výšky vláken. Přitom se délka vláken nejprve dělí šířkou vlákna a následně výškou vlákna.

Pro rozložení vláken podle vynálezu lze uvést následující závěry. Střední poměr délka/šířka/výška vláken podílu ztužujících vláken leží mezi 2 a 50000, přednostně mezi 5 a 2000 a zvláště přednostně mezi 10 a 100 a střední poměr délka/šířka/výška vláken podílu matricových vláken leží mezi 2 a 50 000, přednostně mezi 10 a 5000 a zvláště přednostně mezi 30 a 500.

Dále se rozložení vláken podle vynálezu vyznačuje tím, že poměr podílu matricových vláken k celkovému množství vláken leží mezi 0,1 a 0,8, přednostně mezi 0,2 a 0,5 a zvláště přednostně mezi 0,27 a 0,33.

Způsob výroby podle vynálezu k výrobě CMC-sendvičů zahrnuje mezi jiným všechny ze stavu techniky známé způsoby výroby CMC-sendvičů, pokud mají vlákna použitá při výrobě rozložení vláken podle vynálezu.

Přednostní varianta způsobu výroby zahrnuje, například na základě způsobu popsaného v DE 197 49 462, že se v prvním kroku promíchají dva různé podíly vláken, následně se slisují a následně se takto vyrobený polotovár infiltruje polymery, zejména pyrolyzovatelnými polymery. Přitom se mohou společně s polymery infiltrovat také další plniva.

Při mnoha způsobech výroby podle vynálezu se však během míchaní ke dvěma různým podílům vláken přidávají další komponenty k výrobě sedviče. Přednostně se oba různé podíly vláken během míchaní smíchají s alespoň jedním karbonizovatelným pojivem. Jako plnivo se mimo jiné především

přidávají částice uhlíku, saze, koks, grafit, křemík, karbidy, nitridy, silicidy železa a jiné silicidy a rovněž boridy. Během míchání se mohou doplňkově přidat také jiná pojiva, například ze skupiny polyvinylalkoholů, methylcelulóz, ethylcelulóz, a butylcelulóz.

Jako karbonizovatelné pojivo se přednostně používá pojivo ze skupiny pryskyřic a smůl. Jako pryskyřice se používají všechny pryskyřice ze skupiny termoplastů, fenolových pryskyřic, furanových pryskyřic, polyakrylátových pryskyřic, polyimidových pryskyřic, kyanatových pryskyřic a epoxidových pryskyřic. Jako karbonizovatelné pojivo se mohou použít především pevné a tekuté smůly, smůly z mezifází, smola z destilace kamenného uhlí a petrolejová smola. Jako karbonizovatelné pojivo se mohou například také použít pojiva ze skupiny polysilanů, polykarbosilanů, polysilazanů, monosacharidů a polysacharidů, polyallylkarbodiimidů, olejů a dehtů.

Podíl vláken, použitý při míchání, činí o celkem 50 až 99 % celkového množství směsi, přednostně 60 až 90 % a zvláště přednostně 65 až 80 % celkového množství směsi.

Podíl ztužujících vláken, použitý při míchání, činí 20 až 80 % celkového množství směsi, přednostně 35 až 65 % a zvláště přednostně 42 až 55 % celkového množství směsi.

Podíl matricových vláken, použitý při míchání, činí 10 až 40 % celkového množství směsi, přednostně 15 až 35 % a zvláště přednostně 20 až 30 % celkového množství směsi.

Směs získaná mícháním se zpravidla následně zhutní. Toto zhutnění se přednostně provádí v zápusťkovém lise, izostatickém lise, protlačovacím lise, pístovém lise nebo extruderu, například ve šnekovém extruderu. Přitom nastaví

odborník na základě svých znalostí o zhutňování tlak působící na směs tak, že na konci výrobního postupu vede zhutňování k CMC-sendvičům podle vynálezu. Toto zhutnění se přednostně provádí při zvýšené teplotě, když jsou ve směsi jako pojivo pryskyřice zvláště přednostně při teplotách nad teplotou vyztvrzení pryskyřice. Je ale také možné podrobit zhutněný výlisek tepelnému zpracování teprve následně. Tak je také možné, když jsou jako pojivo pryskyřice, podrobit výlisek tepelnému zpracování při teplotě nad teplotou vyztvrzení pryskyřice a tím výlisek vytvrdit.

Při způsobu výroby CMC-sendvičů podle vynálezu, jejichž matrice obsahuje uhlík a/nebo karbidy, jako například u C/SiC-sendvičů, se často v další postupovém kroku pojivo karbonizuje.

Dále mohou způsoby výroby podle vynálezu také zahrnovat postupové kroky, u nichž se jednou nebo vícekrát pomocí CVI-procesu nebo napouštěním karbonizovatelná substance ukládá do porézního systému vyráběného sendviče a vyrobený sendvič se následně karbonizuje. Přednostně se tento postupový krok použije tehdy, když se má vyrobit nebo při výrobě zhutnit CMC-sendvič, jehož matrice obsahuje uhlík a/nebo karbidy.

Na shora popsané postupové kroky karbonizace sendvičů může jako další postupový krok navazovat grafitizace karbonizovaného předproduktu při teplotách přes 2000 °C.

Způsoby výroby CMC-sendvičů podle vynálezu, jejichž matrice obsahuje také křemík a/nebo silicidy, například C/SiC-sendviče, přednostně zahrnují jako následující postupový krok křemíkování. Toto následující křemíkování se může provádět infiltrací tekutého křemíku nebo křemíkových slitin ze skupiny silicidů železa, chromu, titanu, molybdenu, niklu a hliníku nebo CVI separací křemíku nebo karbidu křemíku nebo jiných

sloučenin křemíku.

Další provedení způsobu výroby sendviče podle vynálezu s SiC matricí, jako C/SiC-sendviče, se opírá o postup popsáný v DE 197 36 560, přičemž mají použítá vlákna rozložení vláken podle vynálezu.

U tohoto způsobu výroby se smíchají vlákna a/nebo svazky vláken nejprve s práškovým uhlíkem a/nebo karbidem křemíku a/nebo silicidem molybdenu a/nebo karbidem bóru a/nebo nitridem bóru a/nebo nitridem hlinitým a/nebo karbidem titanu. Kromě toho se mohou ke směsi přidat také ještě rozpouštědla. Po smíchání se potom směs podle shora popsaných postupových kroků zhutní. Výlisek vznikající po zhutnění se následně slinuje, potom se napouští karbonizovatelnými substancemi a karbonizuje. Následně také potom i zde nastává, jak je shora popsáno, křemíkování.

CMC-sendviče podle vynálezu se používají zejména u součástí vystavených vysokému teplotnímu zatížení, to znamená například u součástí plynových turbin, jako turbínová kola, u součástí hořáků, u trysek a jejich součástí, u potrubí na topné plyny, u měřících sond, u obalových trubek pro sondy, u komponent tepelné ochrany kosmických lodí a pohonných jednotek letadel, u tepelných clon, nosných komponent pro zrcadla, antény a reflektory, u komponent střel, u roštů ohniště a u komponent tepelných výměníků. Přednostní oblastí použití CMC-sendviče podle vynálezu se nachází tam, kde k zatížení vysokými teplotami ještě také přistupuje mechanické namáhání. Příklady takového použití představují třecí materiály jako brzdové kotouče a brzdová obložení pro letadla, železniční vozidla a automobily a komponenty kluzných ložisek a kluzných prvků.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález je v následujícím dále blíže objasněn na příkladech svého provedení pomocí výkresů.

Na výkresech znázorňuje:

- obr. 1 celkové rozložení vláken v CMC-sendviče podle vynálezu,
- obr. 2 celkové rozložení vláken v jiném CMC-sendviči podle vynálezu,
- obr. 3 celkové rozložení vláken v síťové frakci,
- obr. 4 celkové rozložení vláken v dalším CMC-sendviči podle vynálezu,
- obr. 5 strukturu CMC-sendviče podle stavu techniky a
- obr. 6 strukturu CMC-sendviče podle vynálezu.

Příklady provedení vynálezu

Obr. 1 exemplárně znázorňuje celkové rozložení 1 vláken u CMC-sendviče podle vynálezu. Přitom je patrné rozložení 2 vláken podílu 4 matricových vláken 21 až 21'''' a rozložení 3 vláken podílu 5 ztužujících vláken 20, 20', přičemž ze součtu rozložení 2, 3 vláken vyplývá celkové rozložení 1 vláken. Je zřetelně patrné, že střední délka vláken podílu 4 matricových vláken 21 až 21'''' se zřetelně odlišuje od střední délky podílu 5 ztužujících vláken 20, 20', takže celkové rozložení 1 vláken má mezi středními délkami podílů 4, 5 minimum 6. Rozložení 2, 3 vláken jednotlivých podílů 4, 5 vláken jsou charakterizována polovinou 7, 8 šířky jednotlivých rozložení 2, 3 vláken.

Na obr. 2 je znázorněno celkové rozložení 1 vláken jiného CMC-sendviče podle vynálezu. Toto rozložení 1 vláken se vyznačuje tím, že jak rozložení 2 vláken podílu 4 matricových vláken 21 až 21'''' tak i rozložení 3 vláken podílu 5 ztužujících vláken 20, 20' mají velmi malou polovinu 7, 8 šířky. Z toho vyplývá mezera 9 v celkovém rozložení 1 vláken. Zde znázorněné celkové rozložení 1 vláken nastává například tehdy, když se ve výrobním procesu CMC-sendviče používají vlákna, které byly pro oba podíly 4, 5 vláken přesně přiříznuty na definovanou délku.

Obr. 3 znázorňuje celkové rozložení 10 vláken síťové frakce, jaké se například obdrží, když byl rozemlet sendvič obsahující uhlíková vlákna a drť se rozdělí v síťovém zařízení na jednotlivé síťové frakce. Při prosévání totiž nepokračují sítem jen vlákna z rozložení 11 vláken, stanoveného pro frakci, nýbrž je také možné, že síťovými otvory pokračuje jistý podíl velmi dlouhých vláken po délce tak dlouho, jak dovoluje průřez vláknem. Z toho vyplývá v každé síťové frakci podíl vláken s větší délkou, jehož rozložení 12 vláken s větší délkou je na obr. 3 znázorněno nad rozložením 11 vláken, stanoveného pro frakci. Z obou rozložení 11 a 12 vláken v součtu vyplývá rozložení 10 vláken síťové frakce. Polovina 13 šířky síťové frakce však není podílem vláken s větší délkou ovlivněna.

Na obr. 4 je znázorněno celkové rozložení 1 vláken dalšího CMC-sendviče podle vynálezu. V tomto příkladu jsou sestavena vlákna sendviče z jednotlivých síťových frakcí. Podíl 4 matricových vláken 21 až 21'''' sestává z jedné síťové frakce, jehož rozložení vláken opět má podíl prvních delších vláken 16. Podíl ztužujících vláken 20, 20' je v tomto příkladě sestaven ze dvou síťových frakcí, jejichž rozložení 14, 14' vláken jsou na obr. 4 znázorněna jednotlivě. Tím má celkové rozložení 1 vláken v oblasti podílu ztužujících vláken 20, 20' mezi středními hodnotami 15, 15' jednotlivých síťových frakcí

malé minimum 19. Toto malé minimum 19 je však podstatně méně výrazné než minimum 6 celkového rozložení 1 vláken mezi podílem 4 matricových vláken 21 až 21'''' a podílem 5 ztužujících vláken 20, 20'. Na základě složení podílu ztužujících vláken ze dvou síťových frakcí má rozložení ztužujících vláken 20, 20' podstatně větší polovinu 8 šířky rozložení ztužujících vláken 20, 20' než polovina 7 šířky rozložení 2 vláken podílu 4 matricových vláken 21 až 21''''. Dále je pro toto celkové rozložení 1 vláken charakteristické, že se v sendviči sčítají podíly vláken s větší délkou z jednotlivých síťových frakcí, to znamená první delší vlákna 16 z podílu 4 matricových vláken 21 až 21'''' s dalšími delšími vlákny 18 z jednotlivých síťových frakcí 17, 17' ztužujících vláken 20, 20'.

Na obr. 5 je znázorněna struktura CMC-sendvičů podle stavu techniky, jaká je patrná například na výbrusu. V sendviči jsou patrná vlákna 20, 20', 20'' a 20''', které jsou v tomto příkladě pro jednoduchost nasměrovány přímo, obecně však mohou zaujímat jakoukoliv jinou vzájemnou polohu. Dále je patrná zbývající plocha výřezu keramické matrice 24 sendviče. Tato matrice 24 má široké trhliny 22, 22', 22'', 22''' a 22'''', které probíhají od vlákna 20, 20', 20'' k vláknům 20, 20', 20'' a nejčastěji vznikají při ochlazení sendviče po jeho výrobě, mohou však být také vyvolány vysokým tepelným zatížením materiálu. Příčiny toho spočívají, jak již bylo shora objasněno v různé teplené roztažnosti vláken 20, 20', 20'' a matrice 24, což při tepelném namáhání vede k napětí v matrici 24, které potom relaxuje v podobě vzniku velkých trhlin 22, 22', 22'', 22''' a 22''''.

Obr. 6 ukazuje ve schématickém zobrazení strukturu CMC sendviče podle vynálezu, odpovídající obr. 5, jaká je například patrná na výbrusu. Je patrné, že část ztužujících vláken 20, 20' byla oproti příkladu na obr. 5 nahrazena kratšími a často také menšími matricovými vlákny 21 až 21''''. Kratší matricová

vlákna 21 až 21'''' mohou být umístěna, přes přímé uspořádání ztužujících vláken 20, 20', v libovolném směru mezi ztužujícími vlákny 20, 20'. Dalším podstatným rozdílem je, že matrice 24 CMC-sendviče má zcela jinou strukturu trhlin 23 až 23''''. V matrici 24 se v menším rozsahu, než má struktura CMC-sendvičů podle stavu techniky, jak ukazuje obr. 5, nacházejí jen podstatně menší trhliny 23 až 23''''. Kromě toho trhliny 23 až 23'''' nevykazují tak stejnoměrné uspořádání mezi ztužujícími vlákny 20, 20', jak je patrné na struktuře na obr. 5. Dále je patrné, že část trhlin 23 až 23'''' neprobíhá od vlákna 20, 20', 21 až 21'''' do vlákna 20, 20', 21 až 21'''', nýbrž vychází z vlákna 20, 20', 21 až 21'''', například z vlákna 21'''' a končí v matrici 24. Tato struktura trhlin 23 až 23'''' vyplývá, jak již bylo diskutováno, z toho, že při tepelném namáhání CMC-sendvičů nevznikají nejen v matrici 24, nýbrž také v matricových vláknech 21 až 21'''' napětí podmíněná rozdílnou tepelnou roztažností vláken 20, 20', 21 až 21''''. Malá energie napjatosti akumulovaná v matricovém systému vede k tomu, že se jen část této energie odbourá ve formě trhlin 23 až 23''''. Typická proto také je zmenšená velikost trhlin 23 až 23'''' a směřování trhlin 23 až 23'''' do matrice 24.

V následujícím jsou na C/SiC-sendvičích exemplárně znázorněny CMC-sendviče s k nim se pojícími zlepšeními. U C/SiC-sendvičů se přitom jedná jen o příklad pro CMC-sendviče podle vynálezu. Podle shora uvedeného výkladu jsou podobné výsledky patrné také na jiných CMC systémech.

V těchto příkladech se porovnávají C/SiC-sendviče podle vynálezu, které byly vyrobeny na bázi podílu 5 ztužujících vláken 20, 20' a podílu 4 matricových vláken 21 až 21'''' způsobem zveřejněným ve zveřejněné přihlášce DE 197 10 105, s příslušnými C/SiC-sendviči, které však mají jen jeden podíl 4, 5 vláken.

Zkoušky mají následující složení vláken:

Tabulka 1: Složení podílů vláken

č. zkoušky	podíl matricových vláken		podíl ztužujících vláken	
	množství vláken (%)	střední délka vláken (mm)	množství vláken (%)	střední délka vláken (mm)
1	0	-	100	18 ± 2,7
2	0	-	100	15 ± 2,55
3	0	-	100	11 ± 2,5
4	20	3 ± 1,5	80	16 ± 2,6
5	20	3 ± 1,5	80	15 ± 2,55
6	20	3 ± 1,5	80	11 ± 2,5
7	30	3 ± 1,5	12	15 ± 2,55
			18	11 ± 2,5
			40	8 ± 2,5

Podíly 4, 5 vláken použité ve zkouškách přitom mají následující tloušťky vláken:

Tabulka 2: Rozměry jednotlivých frakcí svazků vláken

střední délka vlákna (mm)	střední tloušťka vlákna (mm)
3 ± 1,5	0,5 ± 0,4
8 ± 2,5	1,46 ± 0,7
11 ± 2,5	1,46 ± 0,75
15 ± 2,55	1,46 ± 0,8
16 ± 2,6	10 ± 1,5
18 ± 2,7	15 ± 2,5

Všech 7 zkoušek bylo vyrobeno následně:

Nejprve byl vyroben pregel ze svazků uhlíkového vlákna 3K (3000 jednotlivých filament), přičemž uhlíková vlákna byla vyrobena na bázi PAN vláken. K tomu byly svazky vlákna spleteny do tkaniny, následně byla tkanina napuštěna ve fenolové pryskyřici a na obou stranách opatřena oddělitelným papírem. Potom byla tkanina napuštěná pryskyřicí ohřáta na 130 °C.

Následně byly desky pregelu položeny na sebe a stlačeny do výlisku. Ten byl následně vypálen při teplotě 900 °C, přičemž vypalovací křivka měla v oblasti mezi 400 °C a 600 °C nárůst 5 °C za minutu. Následně bylo takto získané CFC těleso nejprve po sobě napuštěno smolou z destilace kamenného uhlí s bodem měknutí 60 °C a potom bylo k dalšímu zhutnění vypáleno při 900 °C.

Takto získané CFC těleso potom bylo nejprve v čelistovém drtiči (výrobce: fa. Alpine Hosokawa) rozmělněno na svazky vláken. Následně byly svazky vláken tříděny v rotační prosévačce s kmitavými pohyby (výrobce: fa. Alpine Hosokawa) na jednotlivé frakce vlákna, přičemž síťové vložky (síťová plocha 1,15 m² měla podle ISO 9044 světlou velikost ok 0,5 mm, 1 mm, 2 mm, 3 mm, 4 mm a 6 mm. Jako výsledek tohoto síťového postupu se obdržely shora popsané frakce vláken, přičemž hodnota za značkou ± udává polovinu šířky jednotlivých frakcí, která vyplývá z rozložení svazků vláken jednotlivých frakcí vláken ve vztahu k délce svazků vláken a šířce svazků vláken.

Potom byla pro každou zkoušku vyrobena ve hnětači (výrobce: fa. Werner & Pfleiderer) směs ze 70 % svazků vláken shora uvedeného složení a jako pojiva 21 % fenolové pryskyřice a 9 % smoly z destilace kamenného uhlí (bod měknutí 230 °C). Následně byly směsi lisovány v zápusťkovém lise při měrném tlaku 12 kp/cm² a teplotě 130 °C. Potom byla provedena karbonizace zkoušek při 900 °C pod ochranným plynem a

grafitizace zkoušek při 2000 °C na 24 hodin. Následně byla provedena při 1700 °C ve vakuu infiltrace zkoušek tekutým křemíkem, čímž se vytvoří SiC struktura matrice zkoušek.

Při pozorování výbrusů shora uvedených zkoušek v optickém mikroskopu jsou zřetelně patrné rozdíly ve struktuře matrice 24 zkoušek, podle toho zda obsahují podíl matricového vlákna 21 až 21''''. Pozorované struktury odpovídají schématických zobrazením na obr. 5 a 6. Zatímco zkoušky, které mají jen podíl ztužujících vláken 20, 20', mají v matrici 24 značný počet velkých trhlin 22, 22', 22'', 22''' a 22'''', které probíhají od svazku vláken ke svazku vláken, vykazuje struktura C/SiC zkoušek podle vynálezu ve zmenšeném počtu jen jemné trhliny 23 až 23'''', přičemž trhliny zčásti vychází z matricového vlákna 21 až 21'''' a končí v matrici 24.

Změnu hustoty a vyšší hustotu u C/SiC zkoušek podle vynálezu lze vyčíst z tabulky 3.

Kromě toho jsou v tabulce 3 uvedeny fázové podíly jednotlivých fází křemíku, uhlíku a SiC. Je patrné, že je podíl fází křemíku a uhlíku v C/SiC zkouškách podle vynálezu zřetelně snížen, což podstatně zlepšuje možnosti použití materiálu. Přitom se ještě dbá na to, aby podíl uhlíku z velké části pocházel z uhlíkových vláken. Takovéto materiály jsou zvláště vhodné v případech použití s mechanickým namáháním, například pro třecí obložení. Dobré výsledky byly docíleny především s těmito materiály jako brzdovými obloženími.

Tabulka 3: Hustota a složení zkoušek

č. zkoušky	hustota (g/cm ²)	podíl SiC (%)	podíl Si (%)	podíl C (%)
1	2,10	31,2	24,8	44,0
2	2,01	30,0	25,0	45,0
3	2,08	30,0	25,2	44,8
4	2,43	51,8	16,7	31,5
5	2,41	51,2	16,5	32,3
6	2,43	51,6	16,5	31,9
7		58,0	11,0	31,0

P A T E N T O V É N Á R O K Y

1. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, vyznačující se tím, že obsahuje dva různé podíly (4, 5) a vláken (20, 20', 21 až 21''''') s různou střední délkou vláken (20, 20', 21 až 21'''''), které jsou v celkovém rozložení (1) vláken (20, 20', 21 až 21''''') v návaznosti na délku vláken (20, 20', 21 až 21''''') odděleny minimem (6).

2. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle nároku 1, vyznačující se tím, že alespoň část vláken (20, 20', 21 až 21''''') je opatřena alespoň zčásti povlakem.

3. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle nároku 1 nebo 2, vyznačující se tím, že vlákna (20, 20', 21 až 21''''') jsou tvořena vlákny ze skupiny uhlíkových vláken, grafitových vláken, vláken SiC, vláken oxidu hlinitého vláken $Al_2O_3SiO_2$, vláken $Al_2O_3SiO_2B_2O_3$, karbonizovaných forem celulósových vláken, dřevěných vláken a jiných organických vláken a rovněž za vysokých teplot žáruvzorných vláken na bázi sloučenin, které obsahují Si, C, B, N, Al.

4. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 3, vyznačující se tím, že vlákna (20, 20', 21 až 21''''') jsou zčásti nebo úplně tvořena nanovlákný, viskery a nanotrubičkami.

5. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 4, vyznačující se tím, že keramická matrice (24) obsahuje fáze z alespoň jedné z látek ze skupiny uhlík, křemík, bór, hliník, zirkonium a/nebo slitin ze skupiny karbid křemičitý, nitrid křemičitý, oxid křemičitý, nitrid bóru, karbid bóru, SiBCN, Al_2O_3 , ZrO_2 , TiC, silicidy železa a další silicidy a rovněž sklokeramika.

6. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle nároku 5, vyznačující se tím, že keramická matrice (24) obsahuje přísady železa, chromu, titanu, molybdenu, niklu nebo hliníku.
7. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 3, 5 nebo 6, vyznačující se tím, že obsahuje jen uhlíková a grafitová vlákna.
8. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle nároku 7, vyznačující se tím, že obsahuje uhlíková a/nebo grafitová vlákna vyrobená pyrolýzou na bázi PAN-vláken, vláken ze smůly, smůly z mezifází, viskozových vláken, fenolových vláken, polyfenolových vláken a dutých vláken.
9. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 5 až 8, vyznačující se tím, že keramická matrice (24) obsahuje fáze křemíku, uhlíku a/nebo karbidu křemíku.
10. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 9, vyznačující se tím, že doplnkově k podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') a podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') obsahuje ještě podíl delších vláken (16, 18).
11. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 10, vyznačující se tím, že podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') a/nebo podíl (4) maticových vláken (21 až 21''''') jsou sestaveny z více podílů vláken s různou střední délkou vlákna.
12. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 11, vyznačující se tím, že alespoň část vláken (20, 20', 21 až 21''''') má alespoň

zčásti alespoň jednu ochrannou vrstvu z uhlíku, grafitu, pyrouhlíku, TiC, TiN, SiC, boridu titanu, boridu zirkonia, boridu hafnia, sloučenin na bázi Si, B, C, N a jejich směsí.

13. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 12, vyznačující se tím, že alespoň část vláken (20, 20', 21 až 21''''') je alespoň zčásti opatřena alespoň jednou vrstvou zpevněného, vytvrzeného a pyrolyzovaného pojiva.
14. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 13, vyznačující se tím, že střední délka vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') leží mezi 4 mm a 20 mm, přednostně mezi 5 mm a 16 mm a zvláště přednostně mezi 6 mm a 12 mm.
15. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 14, vyznačující se tím, že střední délka vláken podílu (4) matricových vláken (21 až 21''''') leží mezi 0,2 a 5 mm, přednostně mezi 0,5 mm a 4 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 3,5 mm.
16. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 15, vyznačující se tím, že střední šířka vlákna podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') leží mezi 0,02 mm a 5 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 3 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 2 mm.
17. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 16, vyznačující se tím, že střední šířka vlákna podílu (4) matricových vláken (21 až 21''''') leží mezi 0,02 mm a 2 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 1 mm a zvláště přednostně mezi 0,3 mm a 0,7 mm.

18. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 17, vyznačující se tím, že poměr střední délky vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') ke střední délce vláken podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') činí mezi 1,5 a 10, přednostně mezi 1,8 a 7 a zvláště přednostně mezi 2,1 a 5.
19. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 18, vyznačující se tím, že poměr střední délky vláken ke střední šířce vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') činí mezi 2 a 500, přednostně mezi 3 a 100 a zvláště přednostně mezi 4 a 20.
20. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 19, vyznačující se tím, že poměr střední délky vláken ke střední šířce vláken podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') činí mezi 2 a 500, přednostně mezi 3 a 100 a zvláště přednostně mezi 4 a 20.
21. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 20, vyznačující se tím, že střední poměr délka/šířka/výška vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') leží mezi 2 a 50000, přednostně mezi 5 a 2000 a zvláště přednostně mezi 10 a 100.
22. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 21, vyznačující se tím, že střední poměr délka/šířka/výška vláken podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') leží mezi 2 a 50000, přednostně mezi 10 a 5000 a zvláště přednostně mezi 30 a 500.
23. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou maticí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 22, vyznačující se tím, že

poměr podílu (4) matricových vláken (21 až 21''''') k celkovému množství vláken leží mezi 0,1 a 0,8, přednostně mezi 0,2 a 0,5 a zvláště přednostně mezi 0,27 a 0,33.

24. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 23, vyznačující se tím, že polovina (8) šířky rozložení (3) vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') z hlediska délky leží mezi 0,01 mm a 15 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 12 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 8 mm.
25. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 24, vyznačující se tím, že polovina (7) šířky rozložení (2) vláken podílu (4) matricových vláken (21 až 21''''') z hlediska délky leží mezi 0,01 mm a 5 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 4 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 3,5 mm.
26. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 25, vyznačující se tím, že polovina šířky rozložení šířky vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') leží mezi 0,05 mm a 10 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 7 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 3 mm.
27. Vlákny vyztužený sendvič s keramickou matricí, podle alespoň jednoho z nároků 1 až 26, vyznačující se tím, že polovina šířky rozložení šířky vláken podílu (4) matricových vláken (21 až 21''''') leží mezi 0,05 mm a 3 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 2 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 1,5 mm.
28. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou matricí (24), vyznačující se tím, že se jako výchozí látky používají dva různé podíly (4, 5)

vláken (20, 20', 21 až 21'''''), podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') a podíl (4) matricových vláken (21 až 21''''') s různými délkami, přičemž se v celkovém rozložení (1) vláken (20, 20', 21 až 21''''') v návaznosti na délku vláken (20, 20', 21 až 21''''') vytvoří mezi středními délkami podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') a podílu (4) matricových vláken (21 až 21''''') minimum (6).

29. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 28, **vyznačující se tím**, že se v prvním kroku promíchají dva různé podíly (4, 5) vláken (20, 20', 21 až 21'''''), následně se slisují a následně se takto vyrobený polotovar infiltruje polymery, zejména pyrolyzovatelnými polymery.
30. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 29, **vyznačující se tím**, že se přidavně s polymery infiltrují další plniva.
31. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 28, **vyznačující se tím**, že se k oběma různým podílům (4, 5) vláken (20, 20', 21 až 21''''') přidávají během míchání další komponenty.
32. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 31, **vyznačující se tím**, že se používají vlákna (20, 20', 21 až 21''''') ze skupiny uhlíkových vláken, grafitových vláken, vláken SiC, vláken oxidu hlinitého vlákny $Al_2O_3SiO_2$, vláken $Al_2O_3SiO_2B_2O_3$, karbonizovaných forem celulózových vláken, dřevěných vláken a jiných organických vláken a rovněž za vysokých teplot žáruvzorných vláken na bázi sloučenin, které obsahují Si,

C, B, N, Al.

33. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 32, vyznačující se tím, že se místo vláken (20, 20', 21 až 21''''') zčásti nebo zcela používají nanovlákná, viskery a nanotrubičky.
34. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 33, vyznačující se tím, že se používají vlákna (20, 20', 21 až 21'''''), z nichž alespoň část má alespoň zčásti alespoň jednu ochrannou vrstvu z uhlíku, grafitu, pyrouhlíku, TiC, TiN, SiC, boridu titanu, boridu zirkonia, boridu hafnia, sloučenin na bázi Si, B, C, N a jejich směsí.
35. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 34, vyznačující se tím, že se alespoň část vláken (20, 20', 21 až 21''''') alespoň zčásti opatří alespoň jednou vrstvou pyrolyzovatelného pojiva, které se zpevní a vytvrdí.
36. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 32, vyznačující se tím, že se míchají jen uhlíková a grafitová vlákna.
37. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 36, vyznačující se tím, že se míchají uhlíková a/nebo grafitová vlákna vyrobená pyrolýzou na bázi PAN-vláken, vláken ze směly, směly z mezifází, viskozových vláken, fenolových vláken, polyfenolových vláken a dutých vláken.

38. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 31 až 37, vyznačující se tím, že se k oběma podílům (4, 5) vláken (20, 20', 21 až 21''''') během míchání přimísí alespoň jedno karbonizovatelné pojivo.
39. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 31 až 38, vyznačující se tím, že se ke směsi přidává plnivo jako částice uhlíku, saze, koks, grafit, křemík, karbidy, nitridy, silicidy železa a jiné silicidy a rovněž boridy.
40. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 31, vyznačující se tím, že se k oběma podílům (4, 5) vláken (20, 20', 21 až 21''''') během míchání přimíchá alespoň jedno pojivo ze skupiny polyvinylalkoholů, methylcelulóz, ethylcelulóz, a butylcelulóz.
41. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 38, vyznačující se tím, že se jako karbonizovatelné pojivo přimísí pojivo ze skupiny pryskyřic a smol.
42. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 41, vyznačující se tím, že se přimísí pryskyřice ze skupiny termoplastů, fenolových pryskyřic, furanových pryskyřic, polyakrylátových pryskyřic, polyimidových pryskyřic, kyanatových pryskyřic a epoxidových pryskyřic.
43. Způsob výroby vláknů (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 38, vyznačující se tím, že se jako karbonizovatelná pojiva

přimísí pojiva ze skupiny polysilanů, polykarbosilanů, polysilazanů, monosacharidů a polysacharidů, polyallylkarbodiimidů, olejů a dehtů, pryskyřic a smůl.

44. Způsob výroby vlákný (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 41, **vyznačující se tím**, že se přimísí pevné a tekuté smůly, smůly z mezifází, smola z destilace kamenného uhlí a petrolejová smola.
45. Způsob výroby vlákný (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 31 až 44, **vyznačující se tím**, že se směs po smíchání zhutní.
46. Způsob výroby vlákný (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 45, **vyznačující se tím**, že se zhutnění provádí v zápustkovém lise, izostatickém lise, protlačovacím lise, pístovém lise nebo extruderu.
47. Způsob výroby vlákný (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 45 nebo 46, **vyznačující se tím**, že se zhutnění provádí při zvýšené teplotě.
48. Způsob výroby vlákný (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 45 až 47, **vyznačující se tím**, že se zhutnění provádí při teplotách nad teplotou vyztvzení pryskyřičného pojiva ve směsi.
49. Způsob výroby vlákný (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 45 až 47, **vyznačující se tím**, že se po lisování

výlisek podrobí tepelnému zpracování při teplotě nad teplotou vytvrzení pryskyřičného pojiva ve směsi.

50. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 38 až 49, vyznačující se tím, že se v dalším postupovém kroku karbonizuje pojivo.
51. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 31, vyznačující se tím, že se vlákna smíchají s uhlíkem a/nebo karbidem křemíku a/nebo silicidem molybdenu a/nebo karbidem bóru a/nebo nitridem bóru a/nebo nitridem hlinitým a/nebo karbidem titanu.
52. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 51, vyznačující se tím, že se ke směsi přidá rozpouštědlo.
53. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 51 a 52, vyznačující se tím, že se směs po smíchání zhutní.
54. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 53, vyznačující se tím, že se zhutnění provádí v zápustkovém lise, izostatickém lise, protlačovacím lise, pístovém lise nebo šnekovém extruderu.
55. Způsob výroby vlákn (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 54, vyznačující se tím, že se výlisek vznikající po zhutnění následně slinuje, načež se napouští karbonizovatelnými substancemi a karbonizuje se.

56. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 55, vyznačující se tím, že se v dalších postupových krocích jednou nebo vícekrát pomocí CVI-procesu nebo napouštění ukládá karbonizovatelná substance do porézního systému vyráběného pojeného materiálu a vyrobený pojený materiál se následně karbonizuje.
57. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 56, vyznačující se tím, že se jako další postupový krok provádí grafitizace při teplotách přes 2000 °C.
58. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 57, vyznačující se tím, že se v následném postupovém kroku provádí křemíkování.
59. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle nároku 58, vyznačující se tím, že se následující křemíkování provádí infiltrací tekutého křemíku nebo křemíkových slitin ze skupiny silicidů železa, chromu, titanu, molybdenu, niklu a hliníku nebo CVI separací křemíku nebo karbidu křemíku nebo jiných sloučenin křemíku.
60. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 59, vyznačující se tím, že se používá podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') se střední délkou vláken mezi 4 mm a 20 mm, přednostně mezi 5 mm a 16 mm a zvláště přednostně mezi 6 mm a 12 mm.

61. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 60, vyznačující se tím, že se používá podíl (4) maticových vláken (21 až 21''''') se střední délkou vlákna mezi 0,2 a 5 mm, přednostně mezi 0,5 mm a 4 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 3,5 mm.
62. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 61, vyznačující se tím, že se používá podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') se střední šířkou vlákna mezi 0,02 mm a 5 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 3 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 2 mm.
63. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 62, vyznačující se tím, že se používá podíl (4) maticových vláken (21 až 21''''') se střední šířkou vlákna mezi 0,02 mm a 2 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 1 mm a zvláště přednostně mezi 0,3 mm a 0,7 mm.
64. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 63, vyznačující se tím, že se používá poměr střední délky vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') ke střední délce vláken podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') mezi 1,5 a 10, přednostně mezi 1,8 a 7 a zvláště přednostně mezi 2,1 a 5.
65. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 64, vyznačující se tím, že se používá poměr střední délky vláken ke střední šířce vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') mezi 2 a 500, přednostně mezi 3 a 100 a zvláště přednostně mezi 4 a 20.

66. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 65, vyznačující se tím, že se používá poměr střední délky vláken ke střední šířce vláken podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') mezi 2 a 500, přednostně mezi 3 a 100 a zvláště přednostně mezi 4 a 20.
67. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 66, vyznačující se tím, že se používá střední poměr délka/šířka/výška vláken podílu (5) ztužujících vláken (20, 20') mezi 2 a 50000, přednostně mezi 5 a 2000 a zvláště přednostně mezi 10 a 100.
68. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 67, vyznačující se tím, že se používá střední poměr délka/šířka/výška vláken podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') mezi 2 a 50000, přednostně mezi 10 a 5000 a zvláště přednostně mezi 30 a 500.
69. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 68, vyznačující se tím, že se do celkového množství směsi zamíchá 50 až 99 % vláken (20, 20', 21 až 21'''''), přednostně 60 až 90 % a zvláště přednostně 65 až 80 % vláken (20, 20', 21 až 21''''') obou podílů (4, 5) vláken (20, 20', 21 až 21''''').
70. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 69, vyznačující se tím, že se do celkového množství směsi zamíchá 20 až 80 %, přednostně 35 až 65 % a zvláště přednostně 42 až 55 % podílu (5) ztužujících

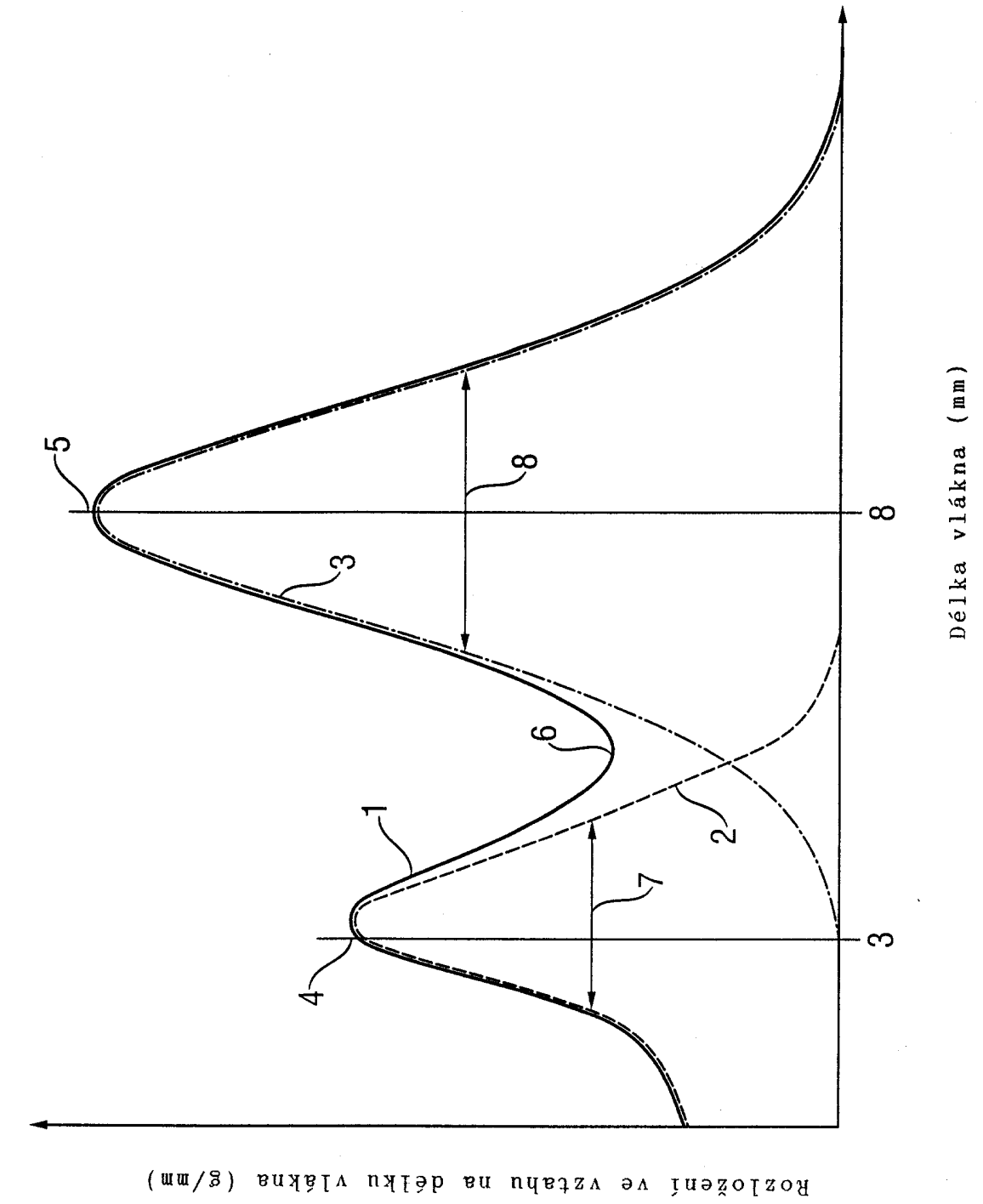
vláken (20, 20').

71. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 70, vyznačující se tím, že se do celkového množství směsi zamíchá 10 až 40 %, přednostně 15 až 35 % a zvláště přednostně 20 až 30 % podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''').
72. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 71, vyznačující se tím, že se používá poměr podílu (4) maticových vláken (21 až 21''''') k celkovému množství vláken (20, 20', 21 až 21''''') mezi 0,1 a 0,8, přednostně mezi 0,2 a 0,5 a zvláště přednostně mezi 0,27 a 0,33.
73. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 72, vyznačující se tím, že se používá podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') s polovinou (8) šířky rozložení (3) vláken z hlediska délky mezi 0,01 mm a 15 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 12 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 8 mm.
74. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 73, vyznačující se tím, že se používá podíl (4) maticových vláken (21 až 21''''') s polovinou (7) šířky rozložení (2) vláken z hlediska délky mezi 0,01 mm a 5 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 4 mm a zvláště přednostně mezi 1 mm a 3,5 mm.
75. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou maticí (24) podle alespoň jednoho

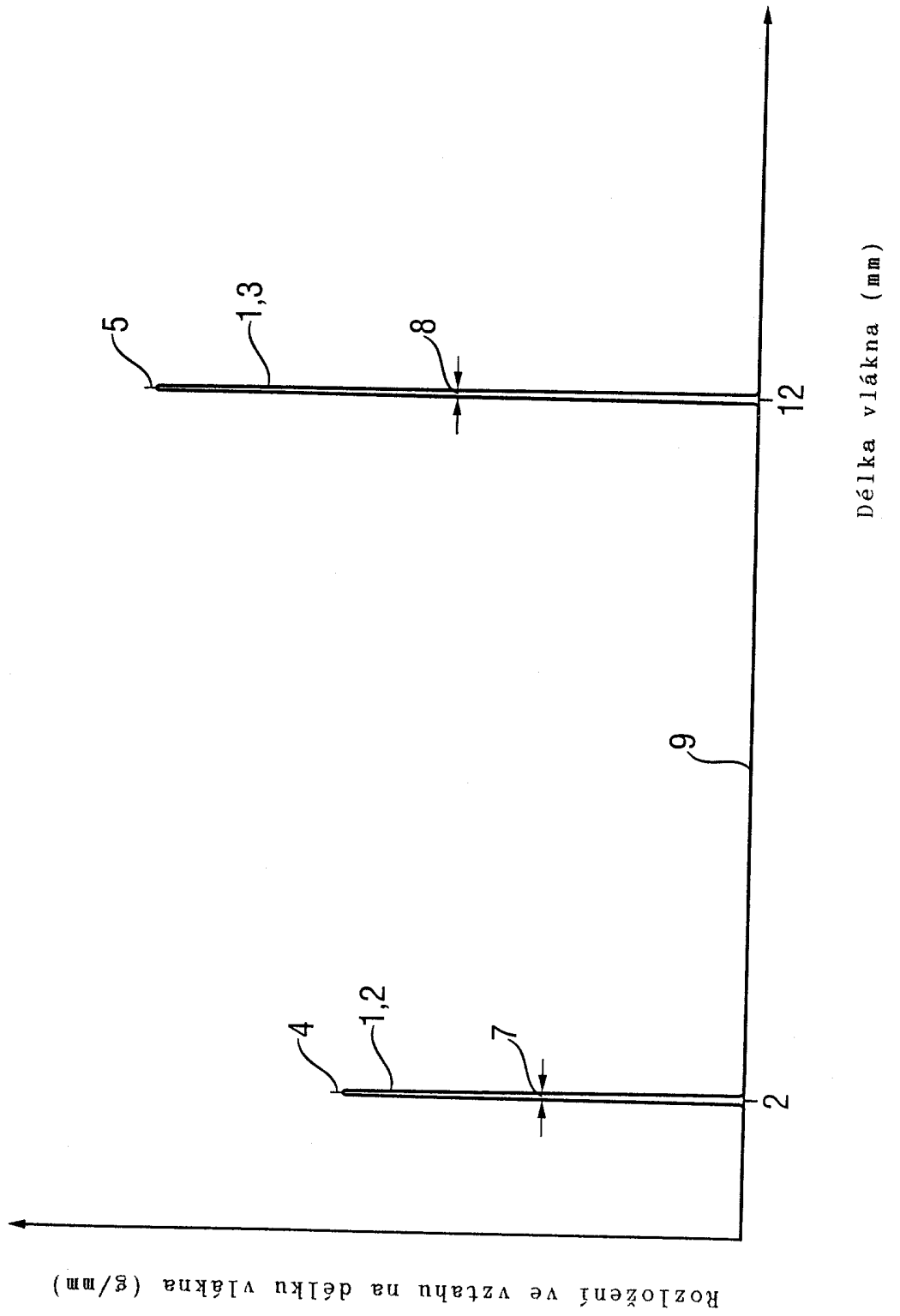
z nároků 28 až 74, vyznačující se tím, že se používá podíl (5) ztužujících vláken (20, 20') s polovinou šířky rozložení šířky vláken mezi 0,05 mm a 10 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 7 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 3 mm.

76. Způsob výroby vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou matricí (24) podle alespoň jednoho z nároků 28 až 75, vyznačující se tím, že se používá podíl (4) matricových vláken (21 až 21''''') s polovinou šířky rozložení šířky vláken mezi 0,05 mm a 3 mm, přednostně mezi 0,1 mm a 2 mm a zvláště přednostně mezi 0,5 mm a 1,5 mm.

77. Použití vlákny (20, 20', 21 až 21''''') vyztužených sendvičů s keramickou matricí (24) podle alespoň jednoho z nároků 1 až 27, u součástí plynových turbin, jako turbínová kola, u součástí hořáků, u trysek a jejich součástí, u potrubí na topné plyny, u měřících sond, u obalových trubek pro sondy, u třecích materiálů jako brzdové kotouče a brzdová obložení pro letadla, kolejová vozidla a automobily, u tepelných clon, u komponent tepelné ochrany kosmických lodí a pohonů letadel, komponent kluzných ložisek a kluzných prvků, nosných komponent pro zrcadla, antény a reflektory, u komponent střel, u roštů ohniště a u komponent tepelných výměníků.

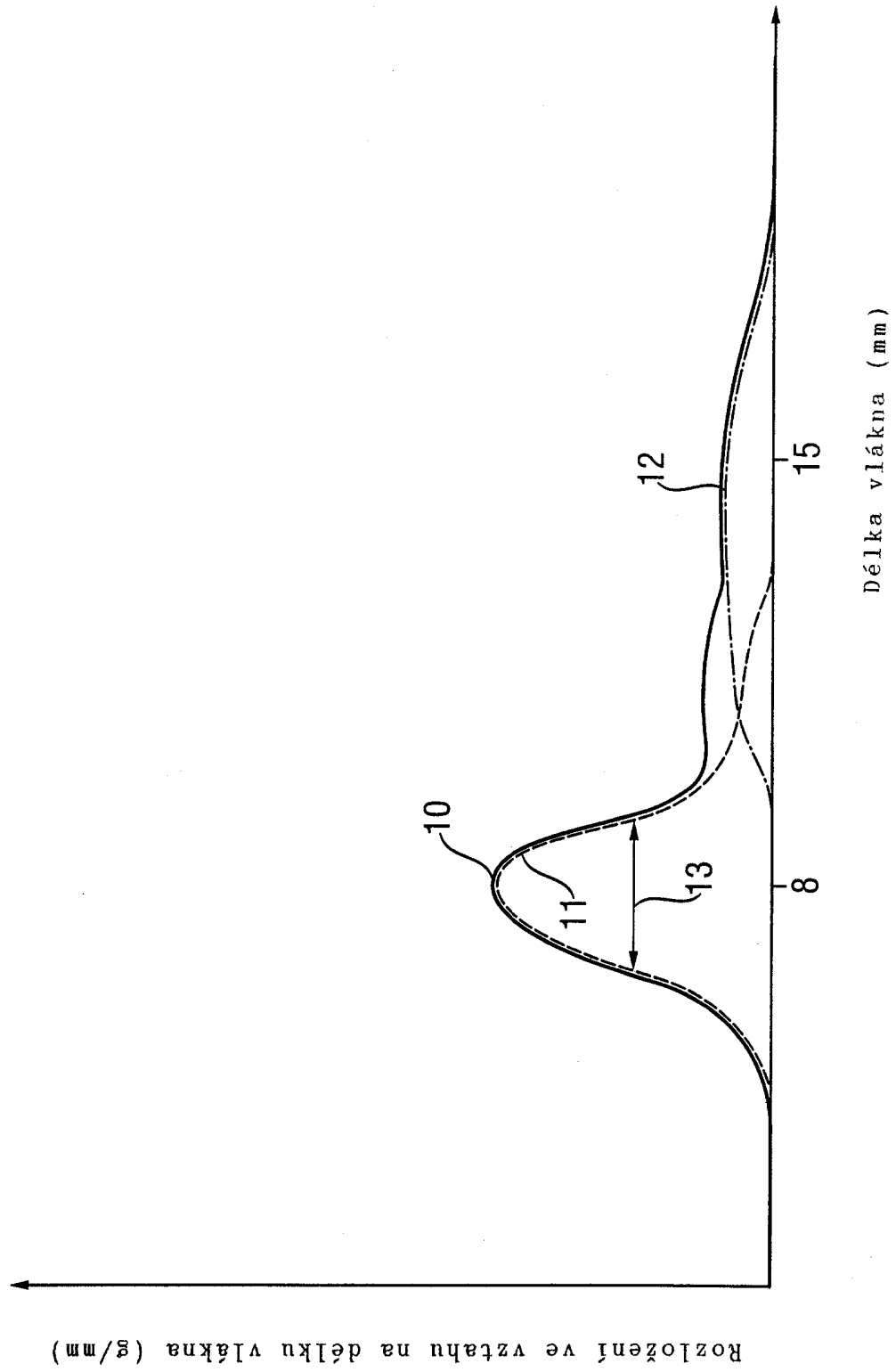


Obr. 1

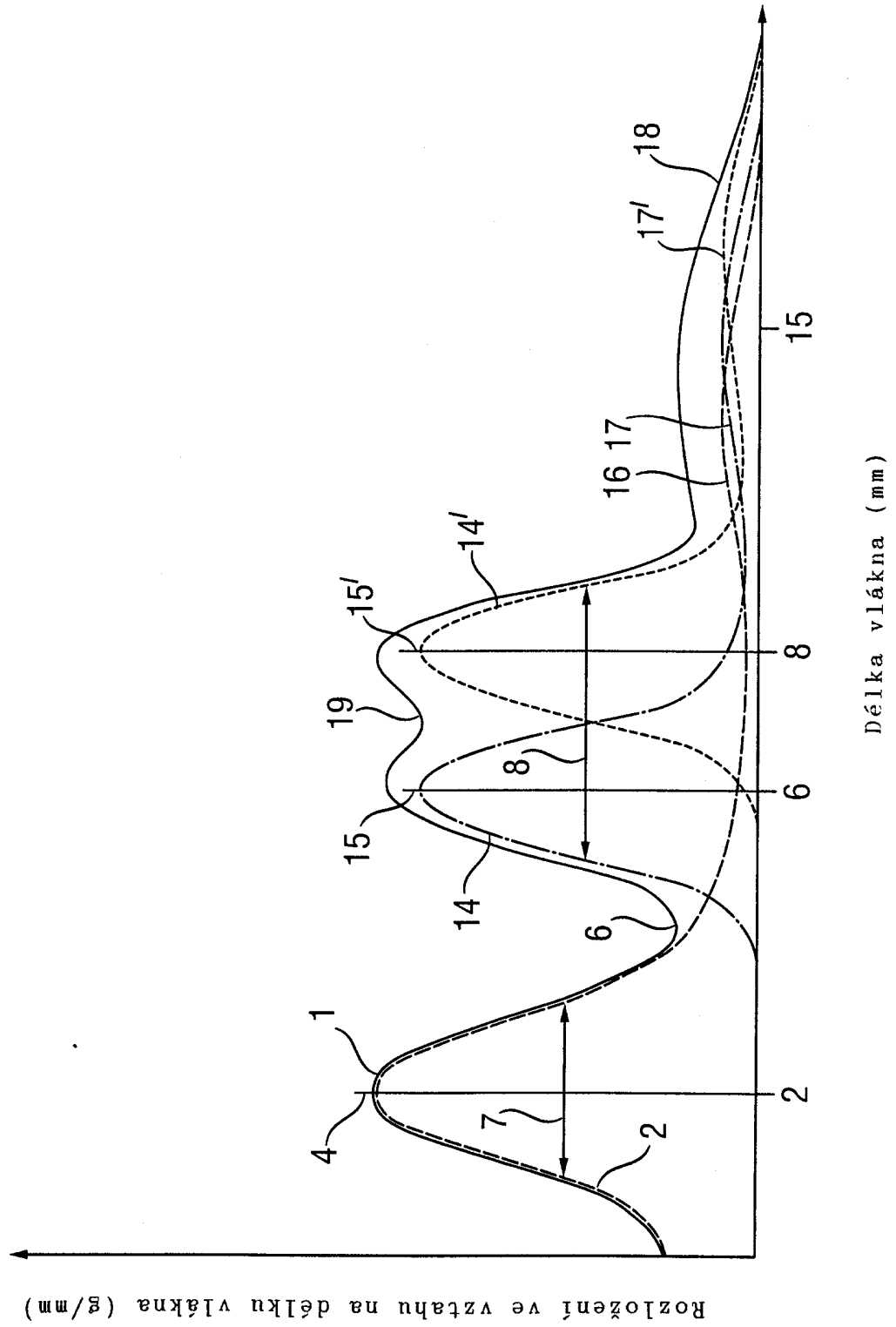


Obr. 2

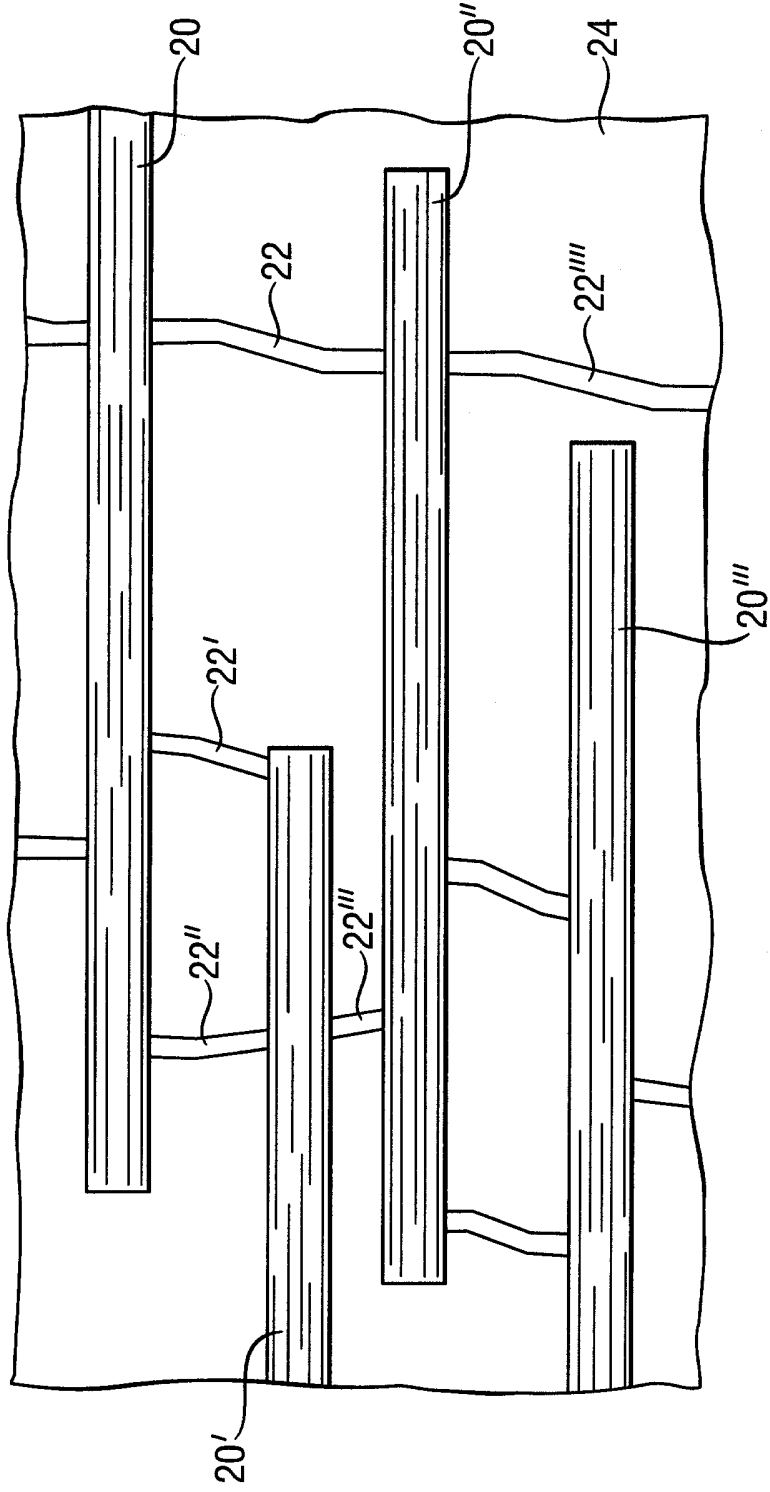
Obr. 3



Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6

