

B32B 3/06 (2006.01)
B32B 3/12 (2006.01)
B32B 7/05 (2019.01)
B32B 15/04 (2006.01)
B22F 10/20 (2021.01)
B33Y 80/00 (2015.01)
B29C 64/141 (2017.01)
C03C 27/02 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA

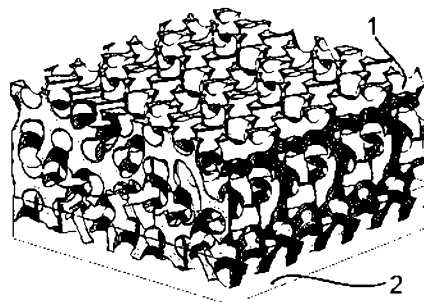


ÚŘAD
PRŮMYSLOVÉHO
VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2022-529**
(22) Přihlášeno: **16.12.2022**
(40) Zveřejněno: **16.08.2023**
(Věstník č. 33/2023)
(47) Uděleno: **07.07.2023**
(24) Oznámení o udělení ve věstníku: **16.08.2023**
(Věstník č. 33/2023)

(56) Relevantní dokumenty:
CN 214751048 U; CN 111624691 A; CN 111112614 A.

(73) Majitel patentu:
Fyzikální ústav AV ČR, v.v.i., Praha 8, Libeň, CZ
(72) Původce:
RNDr. Petr Schovánek, Lipník nad Bečvou, Lipník nad Bečvou I-Město, CZ
Ing. Alexandr Dejneka, Ph.D., Brandýs nad Labem-Stará Boleslav, Brandýs nad Labem, CZ
prof. RNDr. Miroslav Hrabovský, DrSc., Olomouc, Slavonín, CZ
Ing. Pavel Gruber, Ph.D., Praha 9, Dolní Počernice, CZ
Ing. Tomáš Jetmar, Praha 5, Hlubočepy, CZ
Mgr. Stanislav Michal, Přerov, Přerov I-Město, CZ
RNDr. Miroslav Palatka, Olomouc, Nemilany, CZ
Mgr. Miroslav Pech, Ph.D., Velká Bystřice, CZ
(74) Zástupce:
Ing. Petr Soukup, patentový zástupce, tř. Svobody 43/39, 779 00 Olomouc



(54) Název vynálezu:
Kompozitní materiál

(57) Anotace:
Kompozitní materiál je tvořený kovovou složkou (1) a matricí (2), kde kovovou složkou (1) je prostorová struktura získaná technologií aditivní výroby a matrice (2) je vyrobena ze skla nebo křemičitanů nebo hlinitokřemičitanů, přičemž kovová složka (1) je s matricí (2) spojena zátavem.

Kompozitní materiál

Oblast techniky

5

Vynález spadá do oblasti produktů aditivních technologií a spojování kovů s jinými anorganickými materiály a týká se kompozitního materiálu.

10

Dosavadní stav techniky

Aditivní výroba, jinak známá jako 3D tisk, je proces vytváření trojrozměrných objektů na základě digitálních dat. Na rozdíl od obrábění, kde se materiál odebrává, aditivní proces materiál postupně přidává. Finální objekt se vytváří z tenkých vrstev, kladených jedna na druhou. Tato technologie umožňuje vyrábět složité tvary, které nelze vyrobít tradičními strojírenskými technologiemi jako jsou například odlévání, tváření nebo třískové obrábění. Aditivní výroba je tak v posledních letech v centru zájmu výzkumu a vývoje po celém světě. Aplikace aditivní výroby je takřka neomezená, využití nachází v leteckém a automobilovém průmyslu, ve stavebnictví, ve zdravotnictví, dokonce i v módě. Velmi oblíbený je 3D tisk v malosériové výrobě, kde lze díky minimálním vstupním nákladům zahájit výrobu prakticky do druhého dne. Rychlé 3D tisky prototypů bývají používány jako předvýrobní vizualizační modely. Pro svou nízkou cenu se stále více osvědčuje i kutilům a lidem, kteří si chtějí levně a rychle vyrobit vlastní věc. Svou vlastní unikátní pozici v tomto odvětví zaujímá technologie aditivní výroby, tedy 3D tisk, kovových materiálů, který umožňuje přímou výrobu komplexních dílů pro koncové využití. Základní technologie aditivní výroby je popsána například na stránkách <https://ntopology.com/blog/designing-high-performance-filters-for-additive-manufacturing/>, <https://industrytoday.com/additive->, nebo ve spisech US 5204055 A, US 5786562 A, US 6046426 A, US 4938816 A, US 9767224 B2. Nejnovější směry v oblasti současného vývoje aditivní výroby a optimalizace její technologie, jakož i jejích aplikací shrnují například články Plocher, J., Panesar, A., *Materials and Design*, 183 (2019), 108164; Lin Cheng, Pu Zhang, Emre Biyikli and Jiayi Bai, *Rapid Prototyping Journal*, 23/4 (2017), 660–677; Wei Gao, Yunbo Zhang, Devarajan Ramanujan, Karthik Ramani, Yong Chen, Christopher B. Williams, Charlie C.L. Wang, Yung C. Shin, Song Zhang, Pablo D. Zavattieri, *Computer-Aided Design*, 69 (2015), 65 až 89; Ahmed Hussein, Liang Hao, Chunze Yan, Richard Everson, Philippe Young, *Journal of Materials Processing Technology*, 213 (2013), 1019 až 1026; Li Yuan, Songlin Ding, Cuie Wen, *Bioactive Materials*, 4 (2019), 56 až 70; <https://www.metal-am.com/articles/modelling-the-mechanical-behaviour-of-3d-printed-cellular-structures/>; Abdul Hadi Azman, Method for integration of lattice structures in design for additive manufacturing, *Materials*, Université Grenoble Alpes, 2017, <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01688758/document>. Spis US 10384416 B2 popisuje aditivní tisk pružných materiálů z digitální předlohy, které lze sestavit do funkčních struktur a jsou předkládány příklady struktur z diskretních jednotek vytvořených automatizovaným procesem podle mřížkové geometrie. Navrhované struktury vykazují výhodné mechanické vlastnosti v porovnání s plným materiálem stejného chemického složení. V dokumentu US 10395372 B2 je uveden systém, metody a materiály pro přípravu a následné opracování v technologii aditivní výroby, kde počítačem implementovaný způsob zpracování obrazu počítačem modelovaného objektu, který má být vyroben, umožňuje zadávání geometrických dat objektu. Metoda umožňuje tvorbu řezů a obrysů objektů včetně odměřování vzdáleností v modelu. Předmětem patentu US 11010504 B2 je metoda návrhu příhradových konstrukcí po aditivní technologii výroby strojírenských součástí a jsou zde popsány systémy pro návrhy mřížkových struktur, které jsou modelovány jako parametrizované jednotkové buňky poskytující virtuální charakterizaci materiálu pro mřížkovou strukturu. Parametrizované mřížkové modely umožňují tvořit návrhy a simulace skutečného chování mřížky, a tím optimalizovat topologii součástí. Topologie je současně optimalizována vzhledem k tisknutelnosti buněk o konkrétní hustotě. V dokumentu US 10557464 B2 je popsáno vylepšení pevnostních parametrů součástí kompresoru při současném snížení hmotnosti zařízení. Zlepšení je dosaženo aplikací příhradových struktur vytvořených z mřížkových struktur navržených pomocí opakujících se

buněk do vnitřních prostor jednotlivých součástí kompresoru. Ve výrobním procesu kompresoru je tak aplikována aditivní technologie 3D tisku kovových součástí. Spis US 10635088 B1 předkládá způsob počítačového návrhu a výroby součástí s dutinovou topologií na bázi mřížkové struktury, a to metody návrhů, systémy a přístroje, jakož i programy pro počítačem podporované návrhy konkrétních struktur pomocí procesů generativního navrhování. V důsledku jsou iterativním způsobem vytvářeny dutinové struktury s mřížkovým uspořádáním pro realizaci aditivních technologií 3D tisku. V dokumentu US 10633976 B2 je popsán způsob výroby, úpravy rozměru a opravy rotorového listu pomocí aditivní technologie. Je navržen způsob výroby opláštění a vnitřní podpůrné struktury rotorového listu touto technologií, včetně rozměrových úprav a oprav.

Spojování kovů se sklem technologií zátavu je známo již celou řadu let. Při zátavu kovu se sklem dochází ke spojení kovu a skla chemickou interakcí vrstvy oxidu na povrchu kovu se sklem, kdy se oxidy částečně rozpouštějí ve skle a vzniká tak pevné spojení mezi sklem a kovem. Tato technika spojení byla zejména zpočátku používána zejména pro manipulaci s plyny a práci s vakuem. Metodika a příklady zátavů jsou popsány například již v publikacích E. C. McKelvy and C. S. Taylor, J. Am. Chem. Soc. 1920, 42, 7, 1364 až 1374 a L. J. Buttolph, "Silica to Glass and to Metal Joints", J. Opt. Soc. Am. 11, 549 až 557 (1925). Přehled a popisy jednotlivých technologií zátavů sklo-kov poskytuje monografie A. Roth, Vacuum sealing techniques, Pergamon press, 1966. Technická provedení trvalých zátavů sklo-kov jsou popsána například ve spisech US 1046084 A a US 1293441 A. Příprava slitin vhodných kovů k dosažení koeficientů roztažnosti umožňujících vytvoření kvalitních zátavů s borosilikátovými a olovnatými skly je popsána ve spisech US 2062335 A. Je uvedeno také využití zejména ve vakuové technice a pro zátavení vodičů elektrického proudu do skla. Je popsán i způsob vychlazení zátavových spojů k zamezení jejich praskání a také je uvedeno několik úprav povrchů součástí před provedením vlastních zátavů. Dokument US 2392314 A představuje vylepšená provedení vakuově těsných spojů sklo-kov, zejména u borosilikátových skel se slitinami molybdenu, niklu, kobaltu a železa, kdy zlepšení se týká vyšší chemické odolnosti skla v zátavech, vyššího elektrického odporu skla při zvýšených teplotách při provozu zátavových průchodek. Ve spisech US 3355332 A jsou popsány zátavy elektrických vodičů do skla. Přístup je rozdílný pro tvrdá a měkká skla, kdy rozdíl je v koeficientu tepelné roztažnosti. Obecně byly pro zátavy provozované za pokojové teploty využívány wolfram, molybden a slitiny železa a niklu pro tvrdá skla. Pro skla měkká byly používány zátavy s platinou, slitinou železa s niklem a vysokoroztažné slitiny s obsahem chromu. Vodiče elektrického proudu v průchodkách mají snížený obsah kobaltu, a tím je redukován koeficient tepelné roztažnosti. Dále je řešena optimalizace pnutí v zátavech ovlivňováním množstvím olova, křemíku nebo hliníku. Je zde také popsáno ovlivňování pevnostních charakteristik množstvím oxidů v oblasti zátavu a optimalizací chemického složení.

V současné době není znám kompozitní materiál o dvou či více složkách, který by kombinoval kovový výrobek vyrobený aditivní technologií se skly nebo některými silikáty či aluminiumsilikáty.

Cílem předkládaného vynálezu je představit materiál, který umožňuje konstruovat lehké výrobky o vysoké pevnosti a houževnatosti při zachování co nejnižší hmotnosti a současně lešitelnou povrchovou úpravu při zachování světlopropustnosti.

Podstata vynálezu

Stanoveného cíle je dosaženo vynálezem, kterým je kompozitní materiál tvořený kovovou složkou a maticí, kde kovová složka je prostorová struktura získaná technologií aditivní výroby a matrice je vyrobena ze skla nebo křemičitanů nebo hlinítokřemičitanů, přičemž kovová složka je s maticí spojena zátavem.

Ve výhodném provedení je kovovou složkou struktura s trojitě periodickým minimálním povrchem.

Dále je výhodné, když je kovová složka provedena jako prostorová struktura příhradového typu.

V dalším výhodném provedení je kovová složka s matricí spojena pouze částí svého objemu.

- 5 Konečně je výhodné, když je kovová složka matricí zcela obklopena.

Předkládaným vynálezem se dosahuje nového a vyššího účinku v tom, že kompozitní materiál podle vynálezu spojuje mechanické vlastnosti obou složek takovým způsobem, že výsledné mechanické vlastnosti tuhost, pevnost, houževnatost jsou vyšší než při použití materiálů samostatně, přičemž jeho pevnost je vyšší než pevnost vlastního kovového materiálu stejných rozměrů. Dále je tento kompozitní materiál schopen snášet vyšší mechanické zatížení bez deformací než jeho samostatné složky o stejné hmotnosti, také vykazuje nižší deformace při stejném zatížení než součást stejného tvaru a rozměrů vytvořená ze samostatných složek kompozitu. Při zachování mechanických vlastností, které by měla součást vyrobená z kusového kovu vyrobeného tradičním způsobem, má předkládaný kompozitní materiál nižší hmotnost, dojde tedy i k výrazné úspoře materiálu. Navržený kompozitní materiál také umožňuje vyrábět velmi lehká zrcadla libovolných rozměrů, kde je docíleno minimalizace jejich hmotnosti při zachování ostatních parametrů. Lze také obměňovat světelnou propustnost kompozitního materiálu, jakož i jeho mechanické parametry. Je-li kovová složka kompozitního materiálu zcela obklopena matricí, je korozní odolnost součásti takto vytvořeného prvku podstatně vyšší než korozní odolnost samotné kovové struktury.

Objasnění výkresů

25 Konkrétní příklady provedení vynálezu jsou schematicky znázorněny na přiložených výkresech, ve kterých:

obr. 1 je celkový axonometrický pohled na základní provedení kompozitního materiálu;

30 obr. 2 je axonometrický pohled na samotnou kovovou složku kompozitního materiálu vytvořenou 3 D tiskem;

35 obr. 3 je samotná složka kompozitního materiálu vyrobená ze skla, křemičitanu či hlinitokřemičitanu, která se po zátavu stává matricí;

obr. 4 je axonometrický pohled na kompozitní materiál v provedení s větším vzájemným průnikem kovové složky a matrice;

40 obr. 5 je axonometrický pohled na kompozitní materiál v provedení, kdy kovová fáze je zcela obklopena matricí;

45 obr. 6 je axonometrický pohled na kompozitní materiál s alternativním provedením kovové složky; a

obr. 7a) až c) jsou příklady alternativních struktur kovové složky kompozitního materiálu.

50 Výkresy znázorňující představovaný vynález a následně popsané příklady konkrétního provedení kompozitního materiálu v žádném případě neomezují rozsah ochrany uvedený v definici, ale jen objasňují podstatu vynálezu.

Příklady uskutečnění vynálezu

5 Kompozitní materiál je podle předložených vyobrazení tvořen dvěma členy, kterými jsou kovová složka 1 a matrice 2, kde kovová složka 1 je prostorová struktura vyrobená technologií aditivní výroby, neboli 3 D tiskem, a matrice 2 je vyrobena ze skla, případně z křemičitanů či hlinitokřemičitanů, přičemž kovová složka 1 je se skleněnou maticí 2 spojena zátavem, a to alespoň částí svého povrchu nebo částí svého objemu. Kovová složka 1 je s výhodou provedena jako konstrukce se strukturou s trojnásobně periodickým minimálním povrchem, jak je naznačeno 10 na obr. 1 až 5, která je sestavena ze vzájemně propojených buněk. Další příklady tvarů kovové složky 1 s trojnásobně periodickým minimálním povrchem jsou znázorněny na obrázcích 7a) až 7c), tyto jsou uvedeny pouze jako příklad, mohou nabývat i dalších libovolných tvarů dosažitelných technologií aditivní výroby, neboli 3 D tiskem. Provedení kovové složky 1 jako struktury s trojnásobně periodickým minimálním povrchem není jediným možným řešením, 15 alternativně je provedena jako prostorová struktura příhradového typu, jak je naznačeno na obr. 6. Jak je naznačeno na obr. 1 a 4, je do matrice 2 zatavena pouze část objemu kovové složky 2, přičemž zatavený objem může být libovolně velký, případně může být kovová složka 1 s maticí 2 spojena pouze svou okrajovou povrchovou plochou. Alternativně je v maticí 2 kovová složka 1 zatavena celým svým objemem, jak je naznačeno na obr. 5, kdy je kovová složka 1 maticí 2 zcela obklopena a nikde z jejího povrchu nevystupuje a je tak maticí 2 chráněna před vnějšími vlivy. 20 Materiál z něhož je matrice 2 vyrobena, tedy sklo, křemičitaný či hlinitokřemičitaný, jsou povrchově upravitelné a lešitelné.

25 Průmyslová využitelnost

Předkládaný vynález je využitelný v mnoha technologických odvětvích. Jedním z nich je stavebnictví, kde lze kompozitní materiál využít ke konstrukcím stavebních prvků s vysokou pevností, jimiž lze v některých aplikacích nahradit sklo nebo drátosklo či podobné materiály. 30 Materiál lze rovněž využít pro vytápění prostoru s využitím elektrického odporu kovové struktury a jejím ohřevem procházejícím elektrickým proudem. Další oblastí využitelnosti je konstrukce optických zrcadlových systémů, kde je využita minimalizace jejich hmotnosti při zachování ostatních parametrů.

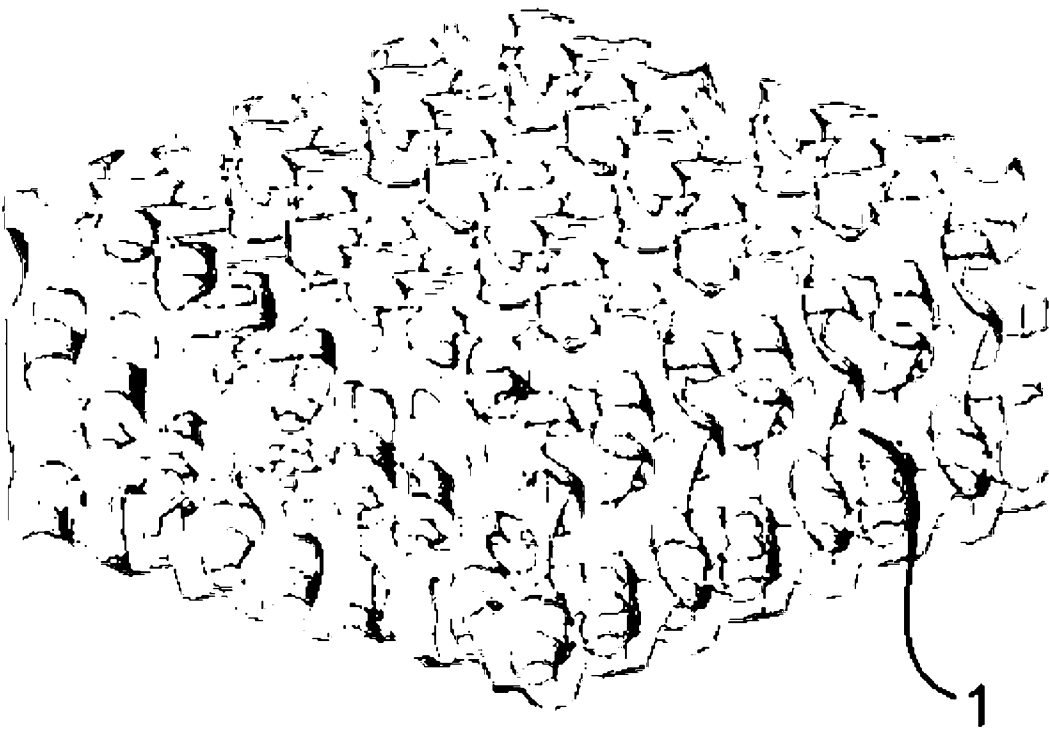
PATENTOVÉ NÁROKY

- 5 1. Kompozitní materiál, tvořený kovovou složkou (1) a matricí (2), kde kovová složka (1) je prostorová struktura získaná technologií aditivní výroby, **vyznačující se tím**, že matrice (2) je vyrobena ze skla nebo křemičitanů nebo hlinitokřemičitanů, přičemž kovová složka (1) je s matricí (2) spojena zátavem.
2. Kompozitní materiál podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že kovovou složkou (1) je struktura s trojitě periodickým minimálním povrchem.
- 10 3. Kompozitní materiál podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že kovová složka (1) je provedena jako prostorová struktura příhradového typu.
4. Kompozitní materiál podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kovová složka (1) je s matricí (2) spojena pouze částí svého objemu.
- 15 5. Kompozitní materiál podle některého z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že kovová složka (1) je matricí (2) zcela obklopena.

4 výkresy



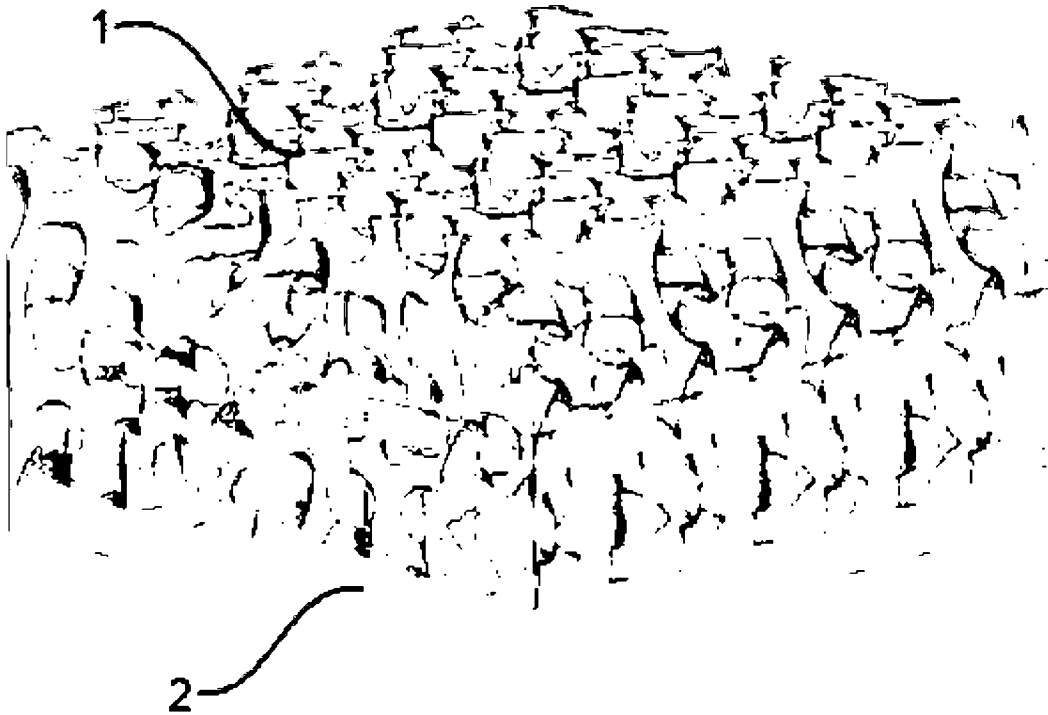
Obr. 1



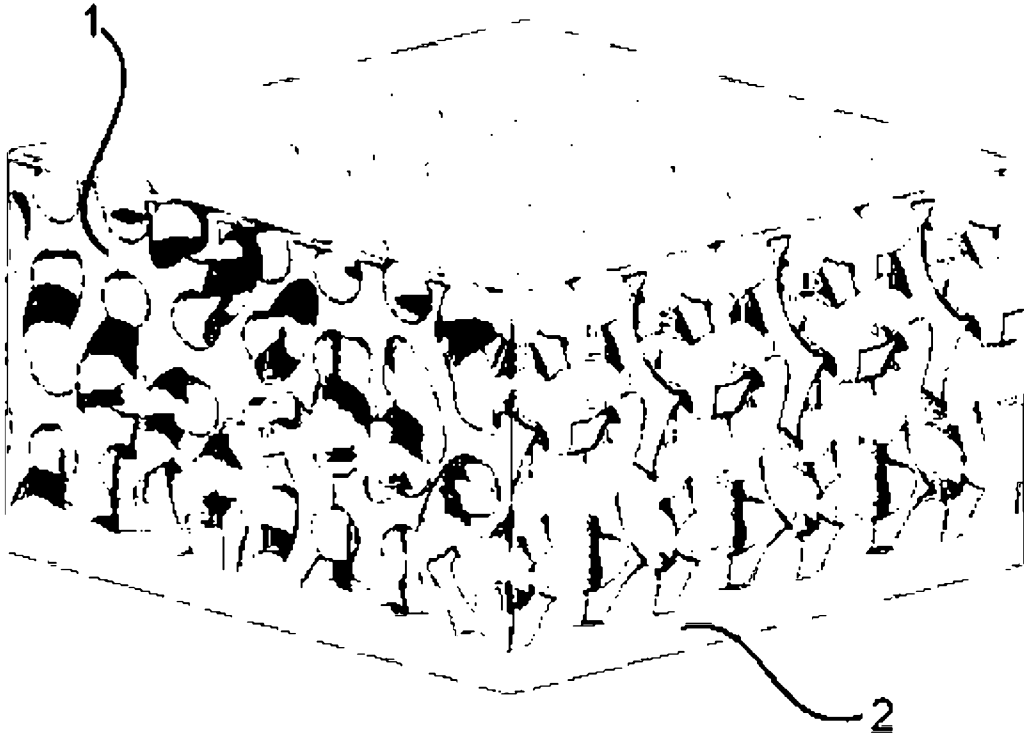
Obr. 2



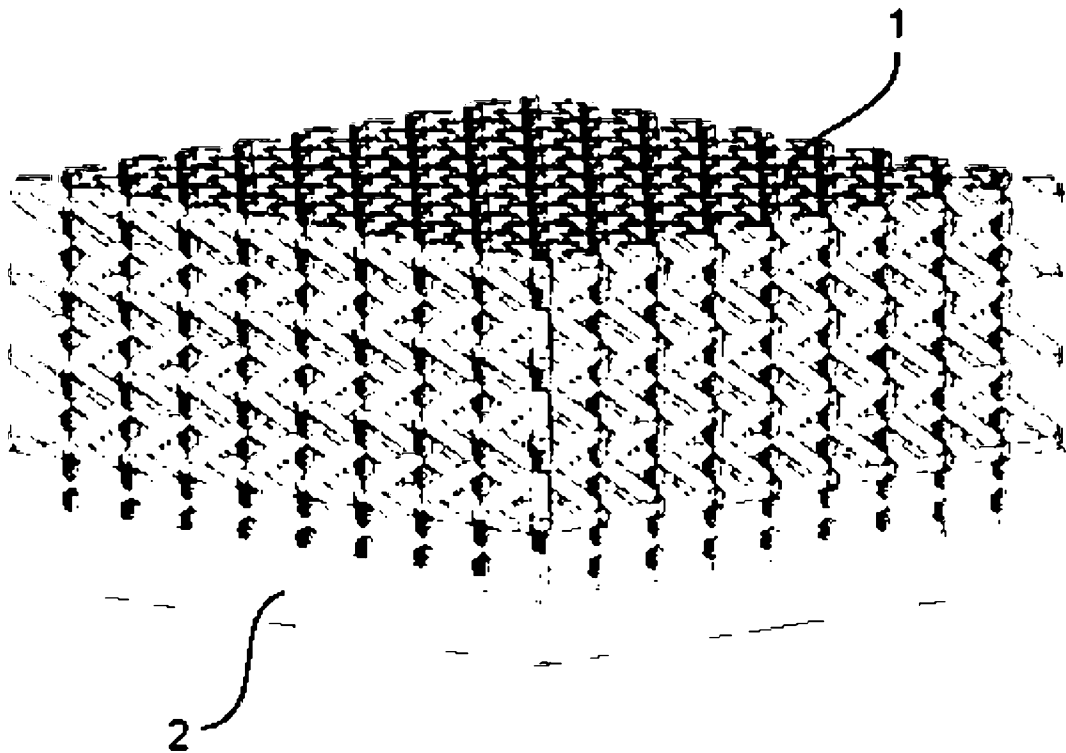
Obr. 3



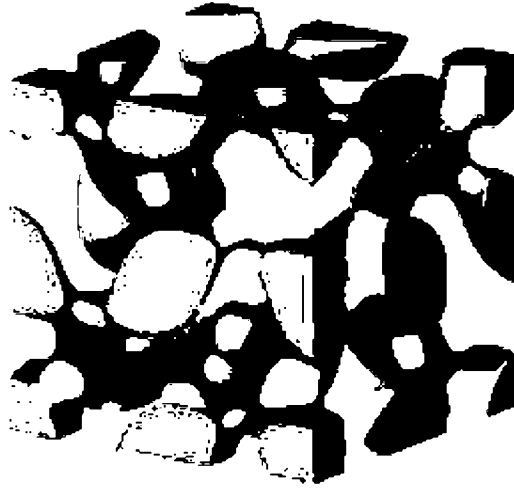
Obr. 4



Obr. 5



Obr. 6



Obr. 7a)



Obr. 7b)



Obr. 7c)