# PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

**Zveřejněná podle §31 zákona č. 527/1990 Sb.**

(21) Číslo dokumentu:

**2022-469**

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

| | |
|---|---|
| ***B32B 3/12*** | (2006.01) |
| ***B32B 5/14*** | (2006.01) |
| ***B32B 7/02*** | (2019.01) |
| ***B29C 64/153*** | (2017.01) |
| ***B33Y 80/00*** | (2015.01) |
| ***B62J 1/00*** | (2006.01) |
| ***A43B 13/00*** | (2006.01) |

(19) ČESKÁ REPUBLIKA

ÚŘAD PRŮMYSLOVÉHO VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **13.11.2022**

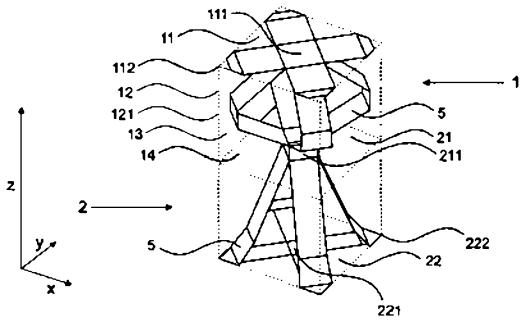
(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **04.10.2023**

**(Věstník č. 40/2023)**

(71) Přihlašovatel:
Posedla s.r.o., Varnsdorf, CZ

(72) Původce:
Mgr. Jiří Dužár, Praha 3, Vinohrady, CZ
Mgr. Martin Řípa, Varnsdorf, CZ
Ing. arch. Petr Vacek, Praha 7, Bubeneč, CZ

(74) Zástupce:
MACHU IP | patentová kancelář, Mgr. Matěj Machů, Ph.D., Senovážné náměstí 978/23, 110 00 Praha 1, Nové Město




(54) Název přihlášky vynálezu:

## 3D tištěný materiál s variabilně flexibilní vnitřní strukturou, zejména pro výrobu sportovního vybavení

(57) Anotace:

3D tištěný materiál s variabilní flexibilitou skládající se z buněk (3) obsahujících krychloidy (1) typu A a krychloidy (2) typu B, přičemž u krychloidu (1) typu A směřují pruty (5) od středu (111) referenční strany (11) ke středu (121) každé referenční svislé hrany (12), přičemž se každý z prutů (5) dotýká obou příslušných referenčních stran (13) dané hrany (12), a dále směřují pruty (5) od středu (141) referenční strany (14) ke středu (121) každé referenční svislé hrany (12), přičemž se každý z prutů (5) dotýká obou příslušných referenčních stran (13) dané hrany (12) a středy (121) referenční svislých hran (12) jsou sdíleny alespoň dvěma buňkami, a dále u krychloidu (2) typu B směřují pruty (5) od středu (211) referenční strany (21) ke každému vrcholu (222) referenční strany (22), přičemž se každý z prutů (5) dotýká referenční strany (22) a vrcholy (222) referenční strany (22) jsou sdíleny alespoň dvěma buňkami, a dále jsou pruty (5) v místech vzájemného setkání spojeny.

CZ 2022 - 469 A3

# 3D tištěný materiál s variabilně flexibilní vnitřní strukturou, zejména pro výrobu sportovního vybavení

## Oblast techniky

Vynález spadá do oblasti aditivní výroby vrstvením, specificky 3D tisku, a materiálů a výrobků produkovaných touto cestou, a to zejména pro použití ve sportovním vybavení, zejména sedel jízdních kol a gripů řídítek z plastických hmot.

## Dosavadní stav techniky

Současným trendem v oblasti sportovního vybavení je individualizace náčiní dle anatomických dispozic konkrétního sportovce. Typickým příkladem mohou být cyklistická sedla, kdy jejich výroba jedinci na míru dle jeho rozteče sedacích kostí, tvaru pozadí a rozložení váhy v sedu vede ke zvýšení pohodlí při jízdě, což pozitivně ovlivňuje i výsledný sportovní výkon. Ze stavu techniky je známo několik rozdílných přístupů. Příkladně dokument WO 2019058183 A2 popisuje systém cyklistického sedla tvořeného termoplastickým materiálem, jehož tvar si může sám jezdec upravit na míru pomocí tepelného tváření, a dokument US 2007273185 A1 popisuje způsob úpravy sedla dle anatomie jezdce a systém k jeho provedení využívající otisk pozadí a měření vzdálenosti sedacích kostí. Sofistikovanější systém je znám z dokumentu WO 03011679 A1, kdy je anatomie jezdcova posedu měřena na trenažeru vybaveném filmem citlivým na tlak s přímou digitalizací tlakové mapy a získaná data jsou následně zpracována do podoby sedla s tvarem ideálním pro měřeného jezdce, přičemž takovéto sedlo je následně vyrobeno úpravou výchozího tvaru přidáním či odebráním materiálu na klíčových místech. Řešení známá ze stavu techniky tedy přistupují k individualizaci pouhou úpravou samotného tvaru sedla, nikoli úpravou lokálních vlastností materiálu sedla, jako je příkladně jeho pružnost.

Z hlediska výroby předmětů, které jsou kusově unikátní, případně se vyznačují komplikovaným vnějším tvarem či vnitřní strukturou, je ideálním výrobním postupem aditivní metoda 3D tisku. U řady sportovních pomůcek, příkladně cyklistických sedel diskutovaných výše, gripů řídítek nebo obuvi, jsou klíčovými vlastnostmi měkkost a pružnost. Měkkosti 3D tištěných předmětů může být dosaženo prostým použitím elastického výchozího materiálu, příkladně termoplastického polyuretanu, jak je známo z dokumentu US 2020046062 A1. Výhodnějších vlastností v podobě materiálu poskytujícího vyšší pohodlí uživatele lze dosáhnout kombinací elastického výchozího materiálu a strukturované výplně, jak je známo příkladně z dokumentů US 2020281310 A1 a CN 208783842 U. Takovou strukturou výplně může být příkladně voština, která ovšem poskytuje dodatečnou flexibilitu pouze ze stran šestiúhelníkové struktury, což neumožňuje sestavit prakticky aplikovatelnou konstrukci pružných výrobků komplikovaného tvaru, jako jsou cyklistická sedla, což platí i pro mřížkové výplně tvaru čtverců, trojúhelníků, hvězd, Hilbertových křivek či spirál. Dalšími známými typy výplně jsou krystalická mřížka diamantu, která se ovšem vyznačuje vysokou prostorovou tuhostí, a není tedy vhodná pro flexibilní aplikace, struktura označovaná jako gyroid, která je ovšem příliš rigidní a obecně neposkytuje výslednou pružnost dostatečnou pro použití ve sportovním vybavení, struktura označovaná jako Weaire-Phelan, která je vhodná pouze pro velmi limitované množství typů 3D tisku a má omezenou odolnost na rozhraní s jinými materiály, či struktura založená na Voroného diagramu, která je ovšem odvozena od náhodné pozice bodů v prostoru, a neumožňuje tedy efektivně kontrolovat výslednou pružnost materiálu. Obecně tyto přístupy navíc neumožňují tvorbu výrobků s oblastmi o rozdílné tuhosti.

Z dokumentu CN 111251641 A je dále známa podešev boty z 3D tištěného elastického materiálu, kdy je změnou tvaru, struktury a orientace výplně v jednotlivých částech podešve dosaženo rozdílné tuhosti. Tento přístup ovšem neumožňuje spojitou změnu vlastností materiálu výrobku. Změnou typu výplně je dosaženo změny tuhosti pouze na konkrétní přesně definovanou hodnotu

se silně omezeným množstvím variant, přičemž takto zásadní změna vnitřní struktury, a tím i výrobního postupu, spojená se změnou tuhosti jednotlivých částí výrobku limituje, až prakticky znemožňuje využití této technologie k výrobě individualizovaných sportovních pomůcek.

Ze stavu techniky je dále známo řešení 3D tištěného materiálu s ortogonální vnitřní strukturou, tedy strukturou tvořenou na sebe navzájem kolmými pruty ve třech osách definujících krychli jakožto prostorovou jednotku, který umožňuje spojité a lokální škálování tuhosti výsledného materiálu v ohybu. Ortogonální struktury, byť vyrobené z pružného materiálu, jsou ovšem jak ve směru os, tak v diagonálním směru lokálně příliš rigidní a neumožňují pružení, a nejsou tedy vhodné pro aplikace vyžadující měkkost, jako jsou výše zmíněná cyklistická sedla, gripy řídítek či podešve bot.

Úkolem vynálezu je odstranit nedostatky dosavadního stavu techniky představením materiálu, jehož vnitřní struktura umožňuje spojitě škálovat jeho měkkost a pružnost, a tím vytvářet celistvé výrobky s oblastmi o rozdílné měkkosti bez nutnosti lokální či celkové změny chemického složení výchozích surovin či úpravy vnějších rozměrů a tvaru výrobku, což usnadní výrobu individualizovaného sportovního vybavení metodou 3D tisku.

## Podstata vynálezu

Podstatou předkládaného vynálezu je 3D tištěný flexibilní materiál s vnitřní strukturou definovanou buňkami pružnými v ose z, přičemž tato osa je ve výrobcích z tohoto materiálu orientována rovnoběžně s vektorem tlakové síly působící v rámci zamýšleného užití výrobku, kdy je tuhost buňky v této ose spojitě škálovatelná změnou tloušťky prutů tvořících strukturu buňky. Skládáním těchto buněk do plochy vzniká materiál s lokálně variabilní měkkostí a pružností, přičemž rozlišení této změny vlastností materiálu je dáno rozměry jedné buňky.

Buňka se skládá ze dvou částí, které jsou odvozeny od prostorově transformované krychle, liší se svou vnitřní strukturou a jsou označovány jako krychloid typu A a krychloid typu B.

U krychloidu typu A směřují pruty od středu referenční vrchní strany ke středu každé referenční svislé hrany, přičemž se každý z prutů dotýká obou příslušných stran dané hrany, a dále směřují pruty od středu referenční spodní strany ke středu každé referenční svislé hrany, přičemž se každý z prutů dotýká obou příslušných stran dané hrany. Středy referenčních svislých hran krychloidu typu A jsou sdíleny vždy čtyřmi buňkami, přičemž pruty, které k danému středu směřují, jsou vzájemně spojeny.

V případě, kdy referenční vrchní strana krychloidu typu A tvoří povrch předmětu vytvořeného z materiálu dle předkládaného vynálezu, obsahuje tato strana pruty vedené od středu k vrcholům, přičemž ve středu jsou tyto pruty spojeny. Vrcholy referenční vrchní strany krychloidu typu A jsou v takovémto případě sdíleny vždy čtyřmi buňkami, přičemž pruty, které k danému vrcholu směřují, jsou vzájemně spojeny.

U krychloidu typu B směřují pruty od středu referenční vrchní strany ke každému vrcholu referenční spodní strany, přičemž se každý z prutů dotýká referenční spodní strany. Vrcholy referenční spodní strany krychloidu typu B jsou sdíleny alespoň čtyřmi buňkami, přičemž pruty, které k danému vrcholu směřují, jsou vzájemně spojeny.

V případě, kdy referenční spodní strana krychloidu typu B tvoří povrch předmětu vytvořeného z materiálu dle předkládaného vynálezu, obsahuje tato strana pruty vedené od středu k vrcholům, přičemž ve středu jsou tyto pruty spojeny. Vrcholy referenční spodní strany krychloidu typu B jsou v takovémto případě sdíleny vždy čtyřmi buňkami, přičemž pruty, které k danému vrcholu směřují, jsou vzájemně spojeny.

Buňky nacházející se na okraji předmětu vytvořeného z materiálu dle předkládaného vynálezu mají odlišnou strukturu, kdy krychloid typu B obsahuje pouze dva pruty, a to pruty směřující od středu referenční vrchní strany k vrcholům referenční spodní strany ležícím uvnitř předmětu, přičemž se každý z prutů dotýká referenční spodní strany, a dále u příslušných krychloidů typu A tvořících povrch předmětu nejsou pruty vrchní strany vedeny k vrcholům, které jsou z hlediska předmětu vnější, ale pouze k vrcholům, které jsou z hlediska předmětu vnitřní, od středu dané strany, v němž jsou spojeny, a u příslušných krychloidů typu B tvořících povrch předmětu se nenachází žádné pruty spodní strany.

Buňka základní konfigurace skládající se z krychloidu typu A a krychloidu typu B může být dále rozšířena o další vrstvy krychloidů.

Ideální výchozí krychloid obou typů je ortogonální krychlí s délkou hrany $D$ a osmi vrcholy $A1$ až $A8$, přičemž krychloidy je možné libovolně transformovat pomocí posunutí jednoho nebo více vrcholů ve vektoru $V$, respektive vektorech $V1$ až $V8$ pro příslušné vrcholy. Tyto vektory mohou mít libovolný směr a platí pro ně $|Vn| \leq D$. Tvar krychloidů je v konkrétních bodech předmětu vytvořeného z materiálu dle předkládaného vynálezu volen z hlediska tvaru a zakřivení předmětu v daném místě, přičemž tento tvar přímo ovlivňuje budoucí chování pružné struktury. Na tyto vlastnosti má vliv zejména míra deformace krychle ve všech směrech a její celkový objem.

Hlavním parametrem, který ovlivňuje výslednou tuhost struktury v jednotlivých částech, je tloušťka prutů. Menší tloušťka vede k měkčí struktuře a naopak. Spodní limit tloušťky je dán možnostmi tiskové technologie a je jím 1 mm pro nejtenčí části. Horní limit představuje stav, kdy přílišná tloušťka prutů zdeformuje geometrii do nefunkčního stavu, kterým je stav, kdy je vnitřní struktura buněk plně vyplněna materiálem prutů, a nezbývá tak prostor pro pružení. Z hlediska praktické aplikace předkládaného vynálezu je spodní hranicí hodnota tloušťky prutů 1 mm, přičemž hodnoty mezi 1,3 a 1,5 mm vedou k subjektivně měkkému materiálu a hodnoty mezi 1,5 a 1,7 k subjektivně tvrdšímu flexibilnímu materiálu. Při hodnotách nad 1,7 mm již materiál ztrácí pružnost.

Materiál dle vynálezu je možné z principu vyrobit jakoukoli z metod 3D tisku. Nejlepších výsledků je dosaženo metodou tisku v práškovém loži, jelikož není třeba stavět externí podpory a díl je vytištěn přesně podle 3D modelu včetně převislých nebo v prostoru se nacházejících částí. Z hlediska suroviny je možné použít kterýkoliv elastický 3D tisknutelný polymer, přičemž ideálním je termoplastický polyuretan (TPU), který umožňuje následnou vaporizaci, tedy chemickou úpravu povrchu po tisku, která dále zlepšuje jeho vlastnosti a umožňuje probarvení. Dále vykazuje odolnost vůči vodě nebo mechanickým vlivům, dobrou stálost a odolnost vůči rozmezí teplot a jde o materiál, který netrpí paměťovým efektem, tedy ani po dlouhodobém zatěžování nedochází ke změně původního tvaru.

## Objasnění výkresů

Obr. 1 zobrazuje pružnou buňku, která je základní jednotkou materiálu dle vynálezu. Pruty jsou zde zobrazeny v ploché podobě. Buňka se v této konfiguraci skládá z krychloidu typu A nahoře a krychloidu typu B dole.

Obr. 2 zobrazuje pružnou buňku (vlevo) spojenou s buňkou ležící na okraji předmětu vytvořeného z materiálu dle předkládaného vynálezu (vpravo). Pruty jsou zde zobrazeny v ploché podobě. Buňky se v této konfiguraci skládají z krychloidu typu A nahoře a krychloidu typu B dole.

Obr. 3 zobrazuje spojení tří buněk s příliš vysokou, a tedy nefunkční, tloušťkou prutů, v jejímž důsledku výsledný materiál není pružný.

Obr. 4 zobrazuje spojení tří buněk s funkční tloušťkou prutů umožňující pružnost výsledného materiálu.

Obr. 5 zobrazuje několik příkladů transformace geometrie krychle do krychloidu, který tvoří vrchní a spodní část buňky.

Obr. 6 zobrazuje průřez cyklistickým sedlem vytvořeným z materiálu dle vynálezu.

Obr. 7 zobrazuje průřez cyklistickým sedlem vytvořeným z materiálu dle vynálezu.

Obr. 8 zobrazuje grip řídítka vytvořený z materiálu dle vynálezu.

Obr. 9 zobrazuje cyklistické sedlo dle příkladu 1 s viditelnými vyhlazenými pruty a rozměry sedla uvedené v milimetrech.

Obr. 10 zobrazuje cyklistické sedlo dle příkladu 1 s viditelnými krychloidy a rozměry sedla uvedené v milimetrech.

Obr. 11 zobrazuje úsek cyklistického sedla dle příkladu 1 s viditelnými krychloidy a jejich rozměry v milimetrech.

Obr. 12 zobrazuje úsek cyklistického sedla dle příkladu 1 v řezu s viditelnými krychloidy a jejich rozměry v milimetrech.

Obr. 13 zobrazuje grip řídítka dle příkladu 2 s viditelnými vyhlazenými pruty a rozměry gripu uvedené v milimetrech.

Obr. 14 zobrazuje grip řídítka dle příkladu 2 v řezu s viditelnými vyhlazenými pruty a rozměry buněk gripu uvedené v milimetrech.

## Příklady uskutečnění vynálezu

### Příklad 1

Příklad 1 popisuje sedlo jízdního kola s oblastmi o rozdílné měkkosti vytvořené z materiálu dle předkládaného vynálezu.

Materiál uzpůsobený do tvaru sedla jízdního kola se skládá z buněk tvořených dvěma částmi, a to krychloidem 1 typu A a krychloidem 2 typu B. Buňky jsou uspořádány v jedné vrstvě a jsou dvojího typu: buňky 3 vnitřní části sedla a buňky 4 okraje sedla.

U krychloidu 1 typu A buněk 3 vnitřní plochy sedla směřují pruty 5 od středu 111 referenční vrchní strany 11 ke středu 121 každé referenční svislé hrany 12, přičemž se každý z prutů 5 dotýká obou příslušných referenčních stran 13 dané hrany 12, a dále směřují pruty 5 od středu 141 referenční spodní strany 14 ke středu 121 každé referenční svislé hrany 12, přičemž se každý z prutů 5 dotýká obou příslušných referenčních stran 13 dané hrany 12. Středy 121 referenčních svislých hran 12 jsou sdíleny vždy čtyřmi buňkami, přičemž pruty 5, které k danému středu 121 směřují, jsou vzájemně spojeny. Referenční vrchní strana 11 tvoří povrch vrchní, tedy sedací, plochy sedla, přičemž strana 11 obsahuje pruty 5 vedené od středu 111 k vrcholům 112 a pruty 5 jsou ve středu 111 spojeny. Vrcholy 112 jsou sdíleny vždy čtyřmi buňkami, přičemž pruty 5, které k danému vrcholu 112 směřují, jsou vzájemně spojeny.

U krychloidu 2 typu B buněk 3 vnitřní plochy sedla směřují pruty 5 od středu 211 referenční vrchní strany 21 ke každému vrcholu 222 referenční spodní strany 22, přičemž se každý z prutů 5

dotýká referenční spodní strany 22. Vrcholy 222 referenční spodní strany 22 jsou sdíleny čtyřmi buňkami, přičemž pruty 5, které k danému vrcholu 222 směřují, jsou vzájemně spojeny. Referenční spodní strana 22 tvoří povrch spodní plochy sedla, přičemž strana 22 obsahuje pruty 5 vedené od středu 221 k vrcholům 222 a pruty 5 jsou ve středu 221 spojeny. Vrcholy 222 jsou sdíleny čtyřmi buňkami, přičemž pruty 5, které k danému vrcholu 222 směřují, jsou vzájemně spojeny.

U krychloidu 2 typu B buněk 4 okraje sedla směřují dva pruty 5 od středu 211 referenční vrchní strany 21 k vrcholům 222 ležícím uvnitř sedla, přičemž se každý z prutů dotýká referenční spodní strany 22 a je spojen s dalšími pruty 5, které k danému vrcholu 222 směřují. Referenční spodní strana 22 dále neobsahuje žádné pruty 5 vedené od středu 221 k vrcholům 222. Struktura krychloidu 1 typu A buněk 4 okraje sedla je shodná s krychloidem 1 typu A buněk 3 vnitřní plochy sedla s tím rozdílem, že strana 11 obsahuje pouze dva pruty 5 vedené od středu 111 k vrcholům 112 ležícím uvnitř sedla, pruty 5 jsou ve středu 111 spojeny a dále je každý prut 5 spojen s dalšími pruty 5, které k danému vrcholu 112 směřují. Okraj sedla je dále opatřen lemem 6 s průřezem ve tvaru písmene „L“.

Materiál výše popsané struktury je uzpůsoben do tvaru sedla jízdního kola metodou 3D tisku laserovým spékáním práškové vrstvy v práškovém loži termoplastického polyuretanu. Sedlo má celkovou šířku 142 mm a celkovou délku 254 mm, šířka sedací části 7 je 49 mm, šířka přední přechodové části 8 je 23 mm, šířka špičky 9 je 51 mm a délka špičky 9 je 70 mm. Spodní plocha sedla je dále opatřena ližinami z uhlíkových vláken, které umožňují jeho namontování na jízdní kolo. Krychloidy buněk, ze kterých se sedlo skládá, mají tvar geometricky transformovaných krychlí, přičemž délky jejich hran nabývají hodnot od 4,3 mm do 8,6 mm. V nejtvrdších místech sedla, tedy uprostřed sedacích částí 7 symetricky na levé i pravé straně, nabývá tloušťka prutů 5 hodnoty 1,7 mm. V nejměkčích místech sedla, tedy ve špičce 9 a zadní části 10, nabývá tloušťka prutů 5 hodnoty 1 mm. Mezi nejtvrdšími a nejměkčími místy sedla se nachází dvě přední přechodové části 8 a dvě zadní přechodové části 15, v nichž tloušťka prutů 5 spojitě přechází mezi hodnotami 1 mm a 1,7 mm, čímž je dosaženo spojité změny měkkosti sedla mezi špičkou 9 a sedacími částmi 7 a mezi zadní částí 10 a sedacími částmi 7.

Příklad 2

Příklad 2 popisuje grip řídítka jízdního kola s oblastmi o rozdílné měkkosti vytvořené z materiálu dle předkládaného vynálezu.

Materiál s lokálně variabilní pružností a strukturními charakteristikami dle příkladu 1 je uzpůsoben do tvaru gripu řídítek jízdního kola metodou 3D tisku laserovým spékáním práškové vrstvy v práškovém loži termoplastického polyuretanu. Krychloidy 2 typu B se nacházejí na vnější straně, za kterou je grip uchopován, krychloidy 1 typu A se nacházejí na vnitřní straně, kterou grip dosedá na řídítko, a okraje jsou opatřeny lemem v podobě tenké vrstvy TPU. Grip má celkovou délku 129 mm, jeho celkový průměr v nejširší části 16 je 46 mm a jeho celkový průměr v nejužší části 17 je 34 mm. Buňky, ze kterých se grip skládá, mají výšku od 6 mm do 10 mm. V nejtvrdším místě gripu, tedy v nejužší části 17, nabývá tloušťka prutů 5 hodnoty 1,7 mm. V nejměkčím místě gripu, tedy v nejširší části 16, nabývá tloušťka prutů 5 hodnoty 1,3 mm. Mezi nejtvrdším a nejměkčím místem gripu se nachází přechodová část 18, v níž tloušťka prutů 5 spojitě přechází mezi hodnotami 1,3 mm a 1,7 mm, čímž je dosaženo spojité změny měkkosti gripu mezi nejširší částí 16 a nejužší částí 17.

Průmyslová využitelnost

3D tištěný materiál s variabilní flexibilitou je průmyslově využitelný při výrobě pružných materiálů s řízenou tuhostí, příkladně v oblasti výroby sportovního vybavení.

## PATENTOVÉ NÁROKY

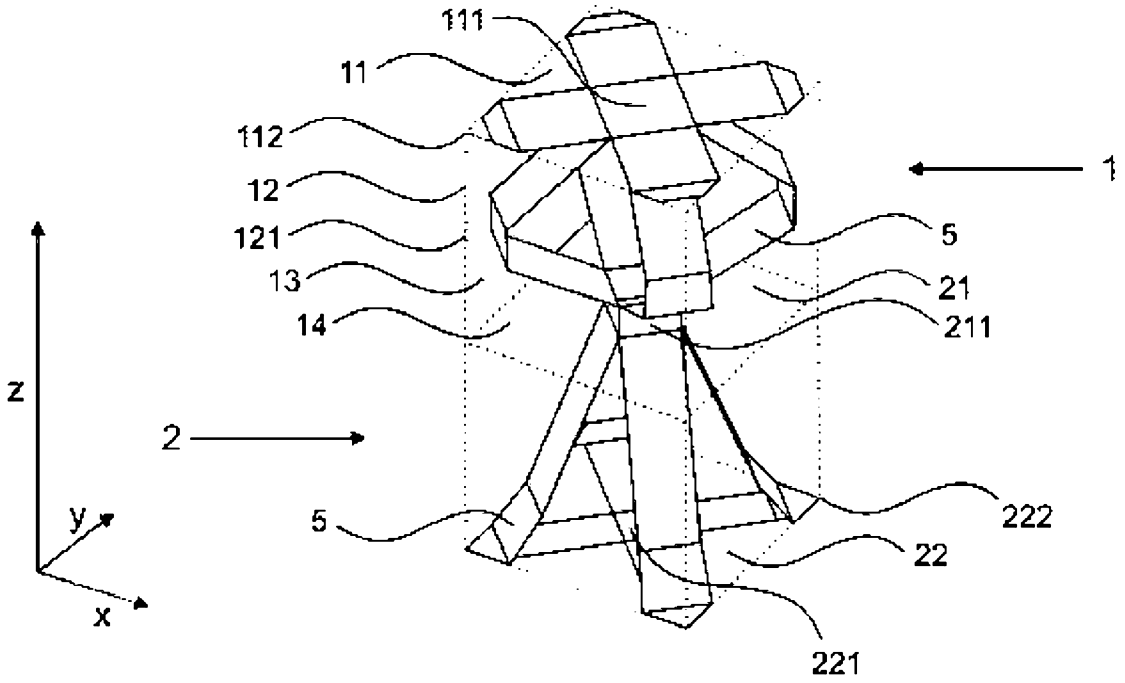
1. 3D tištěný materiál s variabilně flexibilní vnitřní strukturou zejména pro výrobu sportovního vybavení, **vyznačující se tím**, že se skládá z buněk (3) obsahujících krychloidy (1) typu A a krychloidy (2) typu B, přičemž u krychloidu (1) typu A směřují pruty (5) od středu (111) referenční strany (11) ke středu (121) každé referenční svislé hrany (12), přičemž se každý z prutů (5) dotýká obou příslušných referenčních stran (13) dané hrany (12), a dále směřují pruty (5) od středu (141) referenční strany (14), kterážto je uspořádána jako protilehlá vůči referenční straně (11), ke středu (121) každé referenční svislé hrany (12), přičemž se každý z prutů (5) dotýká obou příslušných stran (13) dané hrany (12) a středy (121) referenční svislých hran (12) jsou sdíleny alespoň dvěma buňkami, a dále u krychloidu (2) typu B směřují pruty (5) od středu (211) referenční strany (21) ke každému vrcholu (222) referenční strany (22), přičemž se každý z prutů (5) dotýká referenční strany (22), kterážto je uspořádána jako protilehlá vůči referenční straně (21), a vrcholy (222) referenční strany (22) jsou sdíleny alespoň dvěma buňkami, a dále jsou pruty (5) v místech vzájemného setkání spojeny, přičemž v místě styku krychloidu (1) typu A a krychloidu (2) typu B odpovídá střed (141) referenční strany (14) středu (211) referenční strany (21), a dále je tloušťka prutů (5) závislá na míře požadované flexibility.

2. 3D tištěný materiál s variabilně flexibilní vnitřní strukturou podle nároku 1, **vyznačující se tím**, že buňka (3) obsahuje alespoň jeden krychloid (1) typu A a alespoň jeden krychloid (2) typu B.

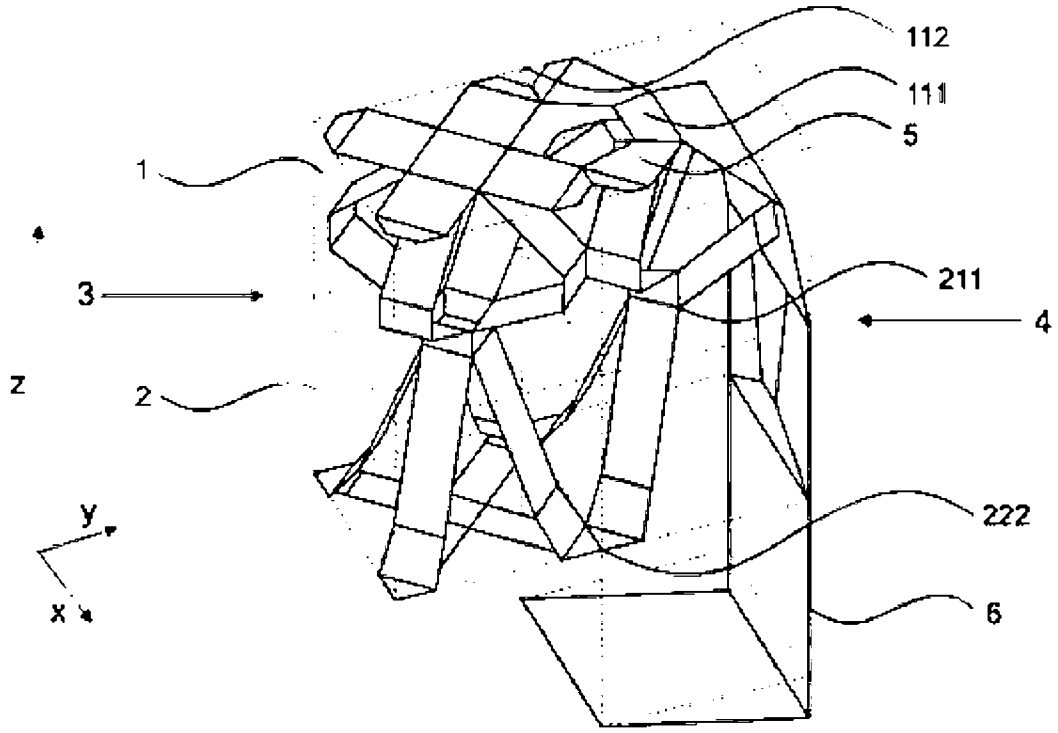
3. 3D tištěný materiál s variabilně flexibilní vnitřní strukturou podle nároku 1 nebo 2, **vyznačující se tím**, že u krychloidu (1) typu A tvořícího povrch materiálu referenční strana (11) obsahuje dále pruty (5) vedené od středu (111) k vrcholům (112), přičemž jsou tyto pruty (5) ve středu (111) spojeny a vrcholy (112) jsou sdíleny alespoň dvěma buňkami, přičemž pruty (5), které k danému vrcholu (112) směřují, jsou vzájemně spojeny.

4. 3D tištěný materiál s variabilně flexibilní vnitřní strukturou podle kteréhokoliv z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím**, že u krychloidu (2) typu B tvořícího povrch materiálu referenční strana (22) obsahuje dále pruty (5) vedené od středu (221) k vrcholům (222), přičemž tyto pruty (5) jsou ve středu (221) spojeny a vrcholy (222) jsou sdíleny alespoň dvěma buňkami, přičemž pruty (5), které k danému vrcholu (222) směřují, jsou vzájemně spojeny.

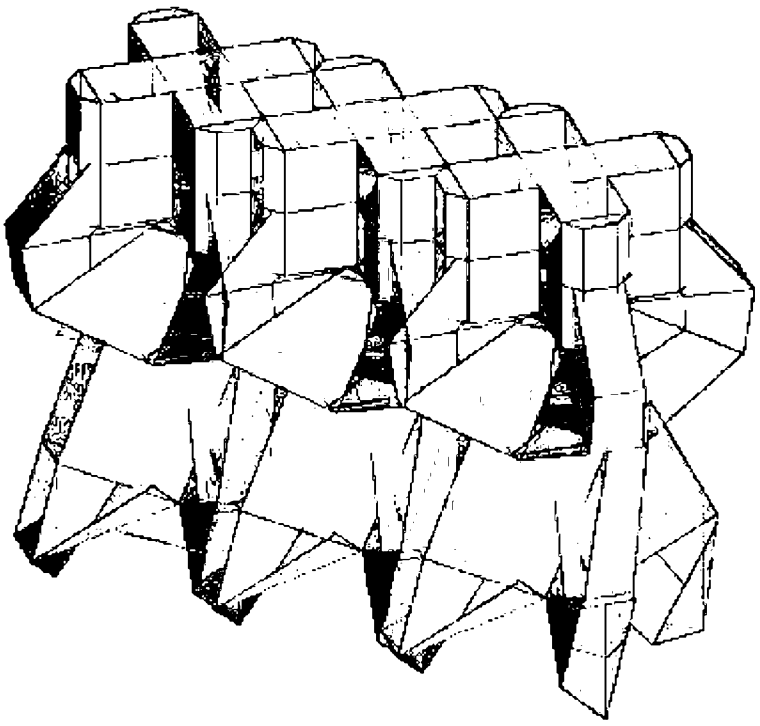
7 výkresů


111
11
112
12
121
13
14
1
5
21
211
z
2
y
x
5
222
22
221

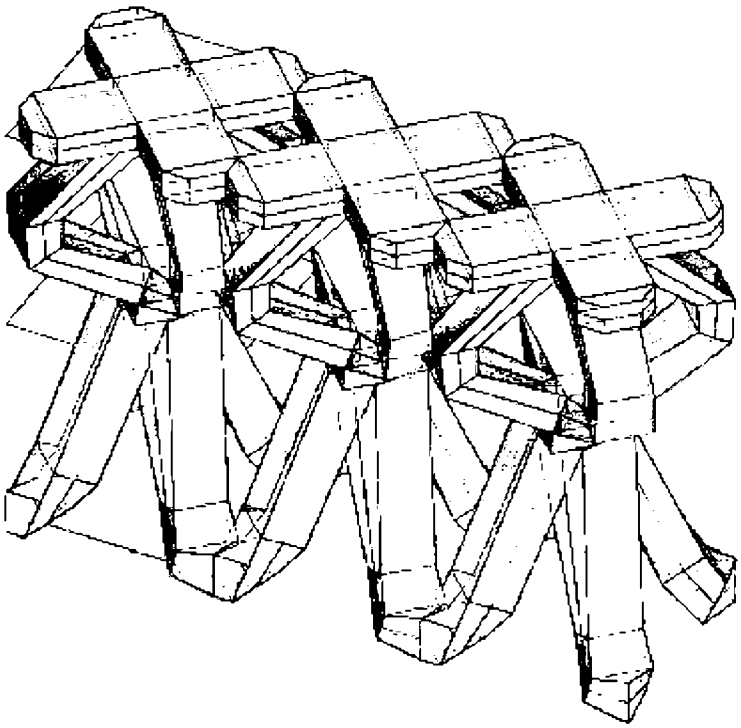
Obr. 1


112
111
5
1
211
3
4
z
2
y
x
222
6

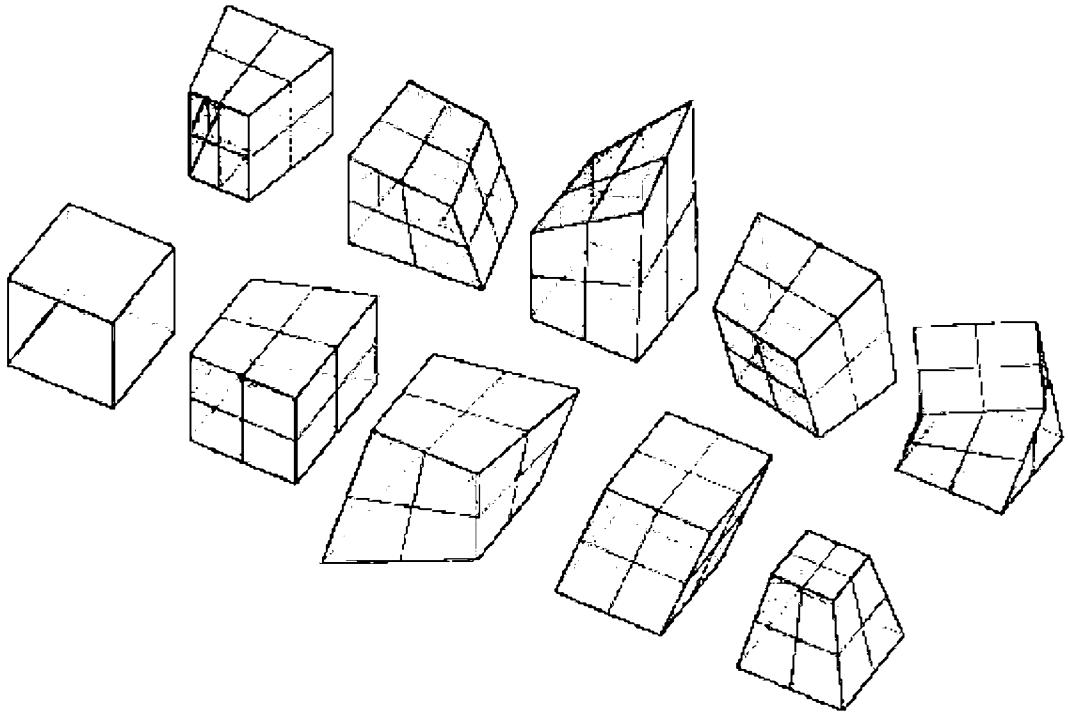
Obr. 2



Obr. 3



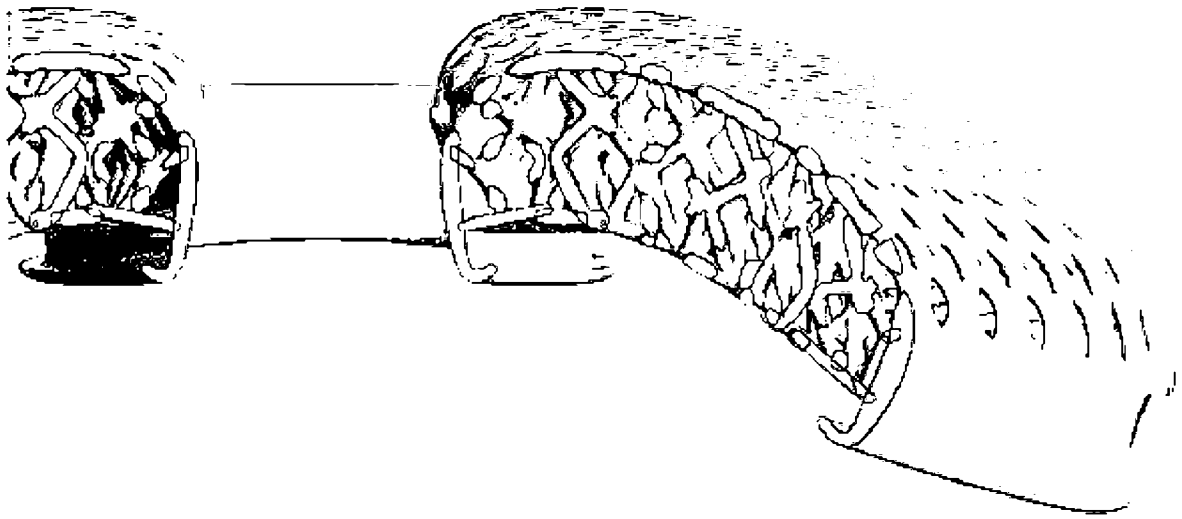
Obr. 4



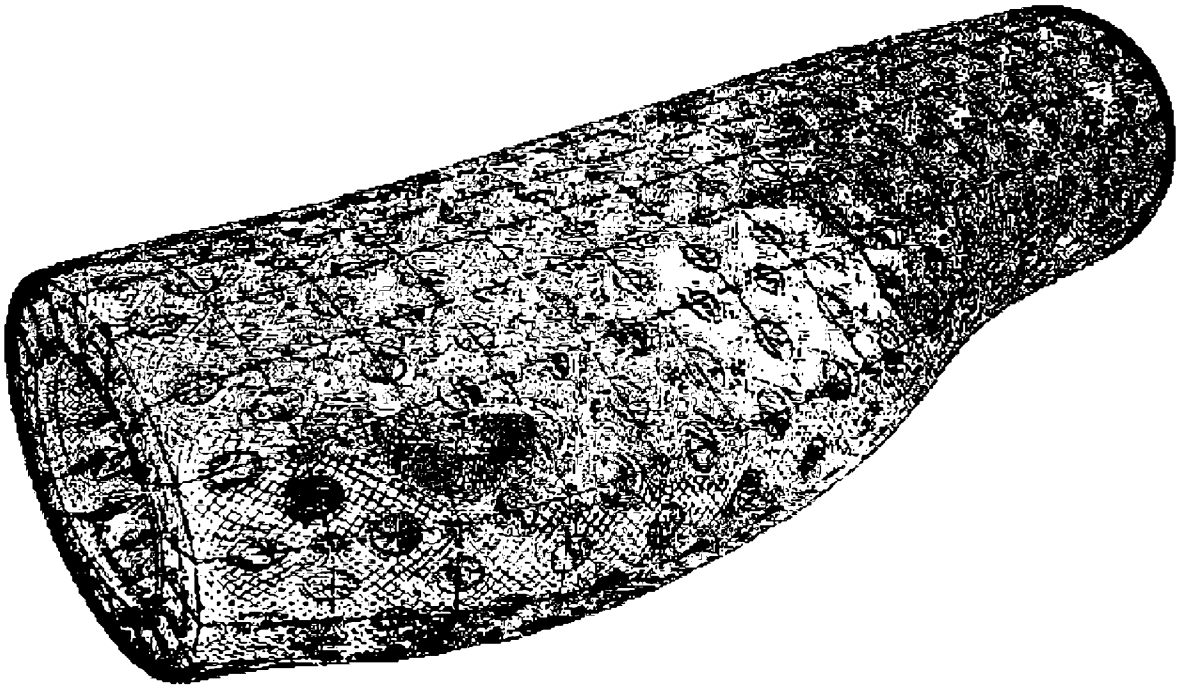
Obr. 5



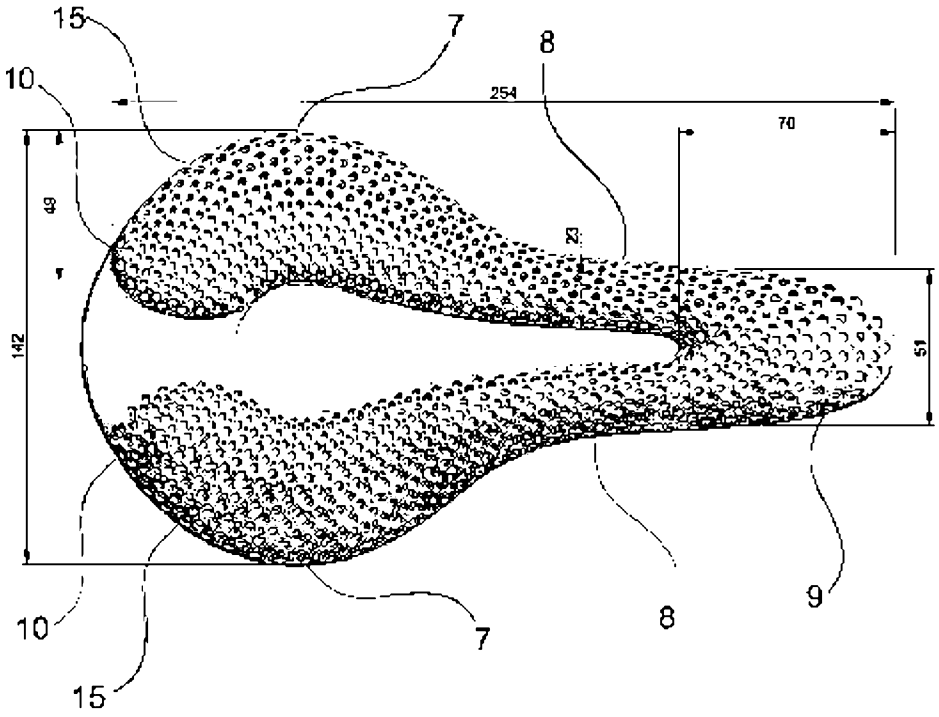
Obr. 6



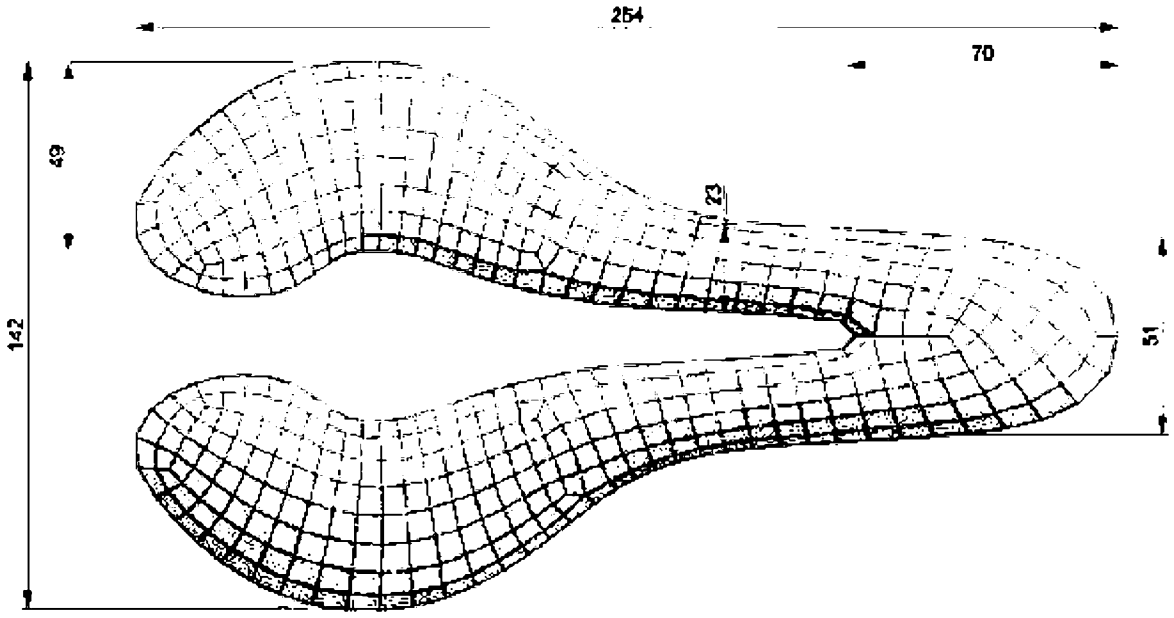
Obr. 7



Obr. 8



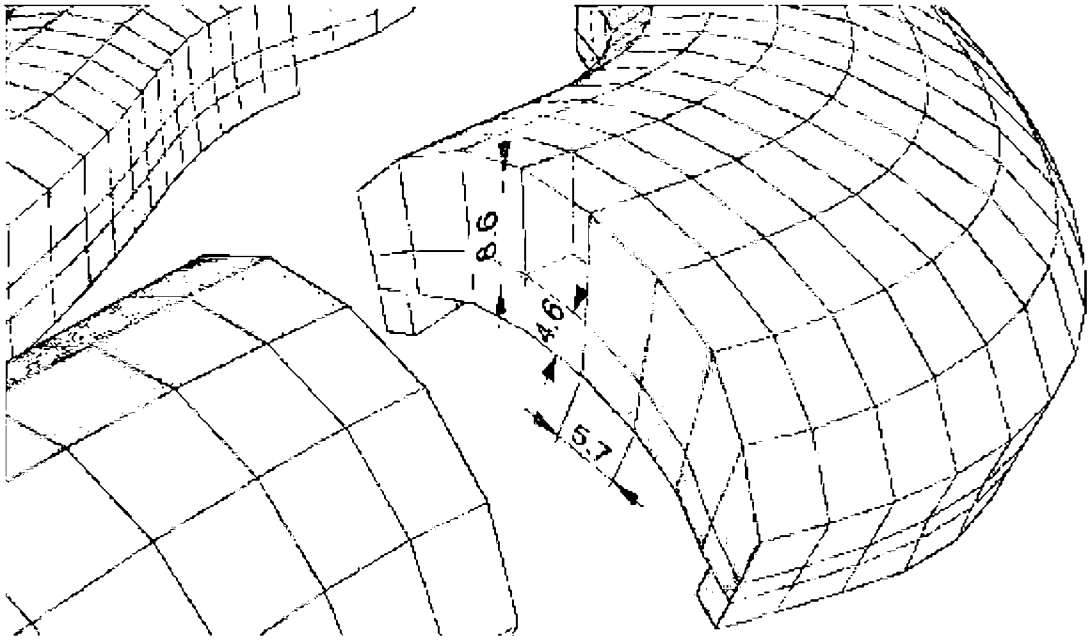

Obr. 9



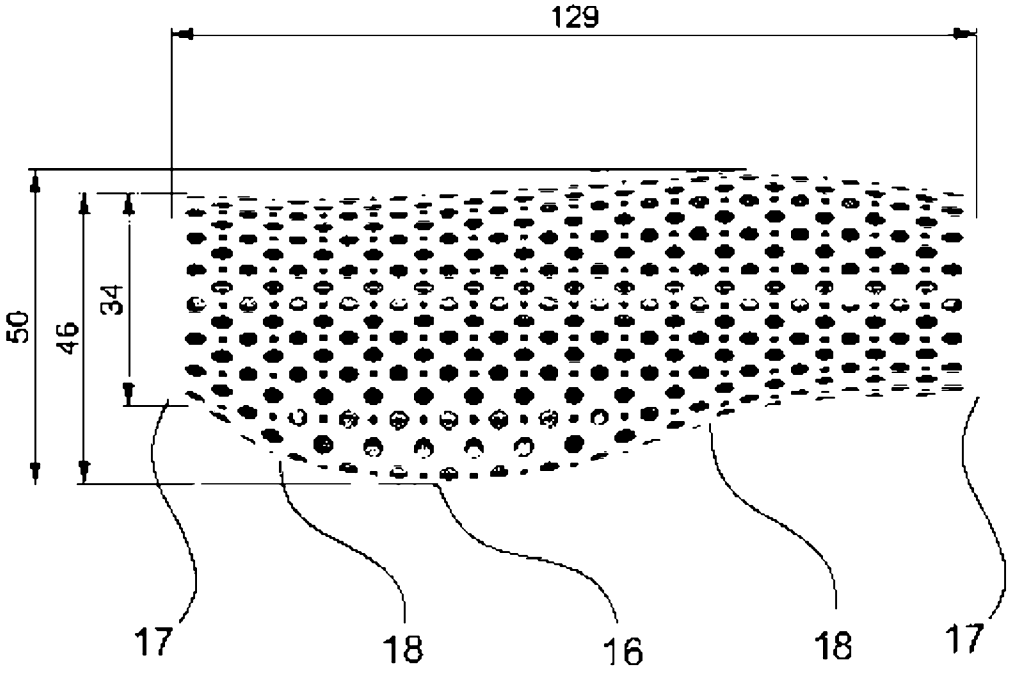

Obr. 10



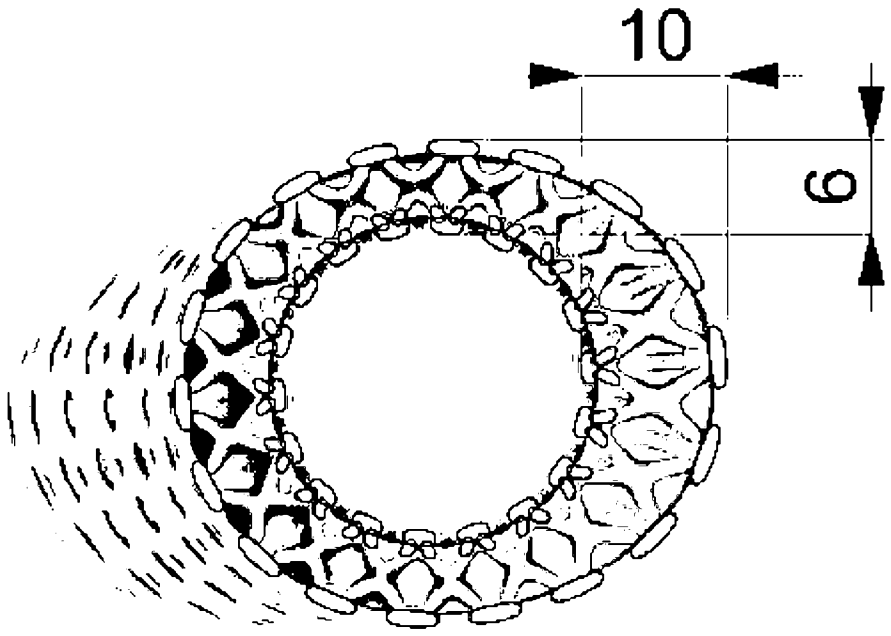

Obr. 11




Obr. 12




Obr. 13




Obr. 14