

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(21) Číslo dokumentu:

2015-697

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

A61B 6/00 (2006.01)

A61N 5/00 (2006.01)

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



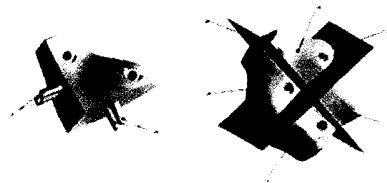
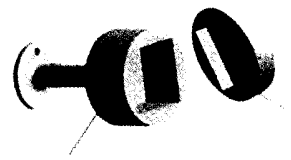
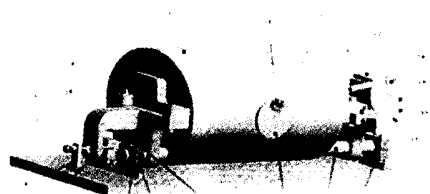
ÚŘAD
PRŮMYSLVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **06.10.2015**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **20.07.2016**
(Věstník č. 29/2016)

(71) Přihlašovatel:
Fakultní nemocnice Ostrava, Ostrava-Poruba, CZ
Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava,
Ostrava-Poruba, CZ

(72) Původce:
Ing. Milada Hlaváčková, Ph.D., Ostrava-Hrabůvka,
CZ
Bc. Jan Ordelt, Brumov-Bylnice, CZ
Ing. Zdeněk Poruba, Ph.D., Přerov, CZ
Ing. Břetislav Otáhal, Ostrava 3, CZ
Ing. Lukáš Knybel, Šenov, CZ
Ing. Lukáš Molenda, Chlebovice, CZ
Ing. MUDr. Jakub Cvek, Ph.D., Frýdek-Místek, CZ
Ing. Marek Penhaker, Ph.D., Ostrava, CZ



(54) Název přihlášky vynálezu:

**Mechanický fantom simulace pohybu
ozařovaného ložiska tumoru**

(57) Anotace:

Mechanický fantom simulace pohybu ozařovaného ložiska obsahuje rozebíratelné tělo (1) fantomu, základovou desku (2), krychli (23) pro model (24) ozařovaného orgánu, která je uložena v dvoudílné duté rotační tyči (5A, 5B) a samovyvolávací filmy (26). Zařízení, které představuje část umělého těla člověka – fantomu, je určeno pro tvorbu simulací, které vytváří variantní návrhy pro sestavování ozařovacích plánů. A je dále určeno ke sběru dat pro vědecké účely a pro výuku lékařů a radiologických asistentů.

CZ 2015 - 697 A3

~~22.1.16~~

10.05.16

~~2015-692~~
FISTC

Mechanický fantom simulace pohybu ozařovaného ložiska tumoru

Oblast techniky

Předkládaný vynález se týká oblasti radioterapie. Zařízení popsané v této přihlášce je známo pod pojmem „fantom“. Toto mechanické zařízení je užíváno pro přípravu nebo verifikaci přípravy zákroku bez fyzické přítomnosti pacienta a simuluje tak skutečné podmínky, které je nutno nastavit před prováděným zákrokem.

Dosavadní stav techniky

Radioterapie je dnes jednou z možností léčby nádorů. Radioterapie může být řešena dvěma způsoby - zevní radioterapií, kdy je zdroj záření mimo tělo pacienta a tzv. brachyterapií, kdy je zdroj záření aplikován do těla pacienta pomocí aplikátorů nebo ~~ypodobě~~ radioaktivních zrn.

Řešení dle této přihlášky se zabývá zařízením určeným pro přípravu - simulaci zákroku u tzv. zevní radioterapie. Tento způsob terapie je založen na využití zařízení, jako je například kybernetický nůž, pro dopravu ionizujícího záření k postižené tkáni. Kybernetický nůž je schopen sledovat pohybující se nádor a podle tohoto pohybu je pak obsluha zařízení schopna korigovat proces ozařování. Nevýhodou zařízení tohoto typu je však snížená schopnost sledovat rozdílnou hustotu některých orgánů a jejich pohyblivost. Kybernetický nůž velmi obtížně rozeznává orgány jako jsou například játra, slinivka nebo prostata. Některé z těchto orgánů jsou navíc i pohyblivé. Problém vyšší rozpoznatelnosti ozařované oblasti je řešen tím, že do tkáně ozařovaného orgánu jsou implantována lépe rozpoznatelná zrna, například zrna zlata, jejichž geometrická konfigurace určuje přesnost sledování a vyhodnocování translace popřípadě rotace ozařovaného ložiska.

Vzhledem k tomu, že tolerance radioterapie pacientem je individuální, proto je pro přípravu zákroku a tedy i zařízení užitých ke kalibraci ozařovacích přístrojů užívána tzv. virtuální simulace, jejíž součástí bývají zařízení nazývaná „fantomy“, která nahrazují pacienta. Tato zařízení jsou obvykle určitého objemu z materiálů, které se chovají z hlediska absorpce a difuze použitého záření jako lidská tkáň.

Příkladem v současné době užívaného simulačního zařízení může být tzv. „*Dynamic Pelvis Phantom*“. Jedná se o přístroj napodobující tělo pacienta, díky kterému jsou minimalizovány zdravotní dopady ozařování nádorů prostaty. Přístroj je určen pro konečnou analýzu snímání obrazu, plánování a poskytování ozařovacích dávek v radioterapii. Tělo fantomu představuje průměrnou lidskou pánev běžného tvaru. Jádro fantomu představuje krychle z materiálu na

bázi tekutiny, do které je vložen model prostaty. Do tohoto modelu je možné vložit detektor záření v podobě ionizační komory. Tato krychle je připojena k pohonu, který umožňuje modelu prostaty dva druhy na sobě vzájemně závislého pohybu (linární a otočný). Krychle může být rovněž uzpůsobena pro aplikaci samovyvolávacího filmu v předozadním pohledu. Tento „fantom“ neumožňuje do modelu orgánu vkládat zlatá zrna s libovolnou geometrickou konfigurací pro vymezení ozařované oblasti a tedy neumožňuje ani modelovat jejich nejlepší rozmístění.

Příkladem patentové literatury pak je EP 1615560 o názvu „*Fantom pro kontrolu kvality systému virtuální simulace radioterapeutického působení*“, Tento přístroj umožňuje zkoušet soubor funkcí virtuální simulace radioterapeutického systému, který používá lékařské zobrazovací zařízení. „Fantom“ obsahuje nosnou skříň, jádro, které je tvořeno více prvky různých tvarů, rozměrů a hustot, které mají za úkol simulovat hustotu různých orgánů a prostředí lidského těla, dále koule z materiálu, který není radiotransparentní. Samotný fantom má tvar krychle, dále obsahuje dvě odnímatelné stranové plochy s kovovými dráty a šest oddělitelných stranových ploch s kovovými dráty. Toto uspořádání umožňuje ověřit dobré cejchování programů virtuální simulace. Zařízení není určeno pro modelování situací pouze pro jeden orgán např. prostatu a není tudíž uzpůsobeno k tomu, aby do něj bylo možné vkládat zrna pro vymezení ozařované oblasti a modelovat jejich nejlepší rozmístění. Z tohoto důvodu tento typ fantomu není vybaven ani samovyvolávacími filmy pro vyhodnocování jejich konfigurace. Zařízení se rovněž nezmiňuje o možnosti modelace reálného pohybu orgánu ve více než jednom směru.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nevýhody do značné míry odstraňuje zařízení dle této přihlášky. Cílem řešení je návrh fantomu, tedy simulačního zařízení, které co nejvěrněji napodobuje veškeré podmínky, které mohou nastat při ozařování. Jedná se zejména o pohyb ozařovaného orgánu, v našem případě prostaty, a vyhodnocení variantního rozložení zrn, která mají vymezovat ozařovanou oblast. Navržené zařízení je schopno simulovat dva nezávislé pohyby – posuv a rotaci, které jsou pro ozařování prostaty zásadní. Mechanismus navrženého zařízení umožňuje tyto možné pohyby orgánu:

- a) Pohyb rovnoměrný (přímočarý)
- b) Pohyb rovnoměrně zrychlený respektive zpomalený (přímočarý)
- c) Pohyb nerovnoměrně zrychlený respektive zpomalený (přímočarý)
- d) Pohyb rovnoměrný (rotační)
- e) Pohyb rovnoměrně zrychlený respektive zpomalený (rotační)
- f) Pohyb nerovnoměrně zrychlený respektive zpomalený (rotační)
- g) Obecný rovinný pohyb

Navržené zařízení je rovněž schopno simulovat variantní vložení zrn pro vymezení ozařovaného prostoru a získat data pro optimalizaci jejich rozložení. Tyto skutečnosti pak vedou k lepšímu sledování pohybu ozařované oblasti, což ve svém důsledku představuje vytvoření přesnějšího ozařovacího modelu pacienta a tím i snížení budoucí zdravotní zátěže.

Z hlediska tvaru se navržené zařízení velmi blíží reálnému orgánu a proto i pohyb, který při simulaci vykonává je totožný s pohybem skutečného orgánu.

Zařízení je rovněž uzpůsobeno ke vkládání samovyvolávacích filmů ve dvou rovinách, které slouží k vlastnímu vyhodnocování rozložení budoucí dávky záření a následnému srovnání s tzv. ozařovacím plánem.

Podstatou řešení znázorněného na obr. 1 je tedy napodobení pohybu prostaty v simulovaném těle pacienta. O pohyb prostaty se dvěma stupni volnosti se stará mechanismus, který má dvě hlavní části a to lineární táhlo (obr. 2) a rotační tyč (obr. 3). Rotační tyč, lineární táhlo i tělo fantomu jsou rozebíratelné (jsou složeny z více částí). Rozdělení těchto dílů na více částí umožňuje model prostaty demontovat. Jak lineární táhlo, tak rotační tyč, tak i tělo fantomu jsou složeny ze dvou částí.

Translační pohyb modelu prostaty se uskutečňuje tak, že lineární táhlo se suvně pohybuje po vodících tyčích. Díky tomuto pohybu lineárního táhla se model prostaty pohybuje translačně ve směru osy trupu těla fantomu. Rotační pohyb modelu prostaty pak zajišťuje pohyb rotační tyče, kterou je poháněn. Rotační tyč je poháněna přes ojnici. Při rotačním pohonu rotační tyče a současném zastavení translačního pohybu lineárního táhla koná rotační tyč spolu s modelem prostaty pouze rotační pohyb.

Volný konec rotační tyče obsahuje dutinu pro uložení obalu s úložnou krychlí modelu prostaty (obr. 4). Uvnitř této krychle je pak model prostaty uložen. Úložná krychle je z důvodu montáže respektive demontáže modelu prostaty a kvůli vloženým samovyvolávacím



filmům rozdělena na osm částí vybavených čepy. Rotační tyč je tedy uložena s vůlí v dutině lineárního táhla. Lineární táhlo je pak suvně uloženo na vodících tyčích a taktéž suvně uloženo v těle fantomu. V případě, že je v jednom okamžiku rotačně poháněna rotační tyč a současně translačně poháněno lineární táhlo, koná model prostaty obecný rovinný pohyb. Model prostaty má tedy dva stupně volnosti pohybu.

Model prostaty je dále opatřen nejméně šesti otvory pro uložení nejméně tří válečků se zalisovanou kontrastní látkou, nejlépe zlatými zrny. Na obr. 5 jsou vidět dva tyto otvory v modelu prostaty. Při simulaci se v modelu prostaty nezaplňená místa pro válečky s kontrastní látkou vyplní válečky stejného průměru, jako mají válečky se zalisovanými zlatými zrny. Tyto válečky jsou ze stejného materiálu, jako je model prostaty, a to z důvodu, aby měl model prostaty po celém svém objemu mimo zlatých zrn stejné fyzikální vlastnosti. Kombinací otvorů pro uložení válečků a počtu ukládaných válečků pak získáváme různé konfigurace rozložení zlatých zrn vymezujících ozařovaný orgán i s tzv. bezpečnostním lemem.

Aby bylo možné odlišit model prostaty a okolní části, je model prostaty i okolní části fantomu vyroben z materiálů odlišných vlastností. Model prostaty a válečky, které nahrazují volná místa v modelu prostaty, jsou vyrobeny z materiálu, jehož elektronová hustota je podobná vodě, např. polykarbonátu (PC). Ostatní přilehlé části fantomu jsou pak např. z materiálu akrylonitril-butadien-styrén (ABS) a polyamid (PA6).

Pro porovnání výsledků simulace a ozařovacího plánu, jsou do modelu prostaty vkládány samovyvolávací filmy (obr. 6). Z těchto filmů je pak určena efektivita ozáření orgánu. Pro účely této přihlášky se jako válečky s kontrastní látkou uvádějí válečky např. se zlatými zrny.

Objasnění výkresů

Obrázek 1 představuje celkový pohled na technické řešení mechanického fantomu, obrázek 2 představuje pohled na lineární táhlo v rozloženém tvaru. Na obrázku 3 jsou znázorněny dvě části rotační tyče. Obrázek 4 pak představuje pohled na úložnou krychli modelu prostaty, která je rozebíratelná, na obrázku 5 je znázorněna část modelu prostaty, na které jsou viditelné otvory pro uložení válečků a čepy upevňující jednotlivé části modelu k sobě. Obrázek 6 pak představuje model prostaty s vloženými samovyvolávacími filmy.



Příklad uskutečnění

Zařízení je vystavěno na základové desce 2 fantomu. Na této základové desce 2 je tělo 1 fantomu i jeho mechanismus uložen. Šrouby 19 spojují domek 9 lineárního motoru a šrouby 20 ukotvují domky 6 k základové desce 2 fantomu. Tělo 1 fantomu je rozděleno na dvě rozebíratelné části – lineární táhlo a rotační tyč. Uvnitř těla 1 fantomu je uloženo lineární táhlo (obr. 2). Toto táhlo je složeno z horní části 4 a z dolní části 3 (obr. 2). Tyto dvě části 3,4 lineárního táhla jsou do jednoho celku spojeny šrouby 18. Uvnitř lineárního táhla je uložena rotační tyč (obr. 3). Rotační tyč je složena ze dvou částí 5A,5B (viz obr. 3). Na obr. 1 je zobrazena pouze pravá část 5A rotační tyče. Do dutiny rotační tyče je vsunuta rozebíratelná úložná krychle 23 modelu 24 prostaty (obr. 4) s obalem. Tato krychle 23 je složena z osmi dílců, které jsou navzájem spojeny čepy. Do dutiny sestavené krychle 23 je vložen model 24 prostaty (obr. 6). V modelu 24 prostaty jsou otvory pro vložení válečků se zlatými zrny (patrně z obr. 5). Dále jsou v modelu 24 prostaty vloženy samovyvolávací filmy 26 (obr. 6). Jednotlivé části modelu 24 prostaty jsou rozebíratelně spojeny pomocí čepů 25 (obr. 5).

Translační pohyb lineárního táhla zajišťuje lineární motor 12, který je skrz domek 9 lineárního motoru 12 pomocí šroubů 19 spojen se základovou deskou 2. Translační pohyb lineárního táhla umožňují vodící tyče 6, po kterých se lineární táhlo pohybuje. Tyto tyče 6 jsou skrz domek 7 vodící tyče 6 a základnu 8 domku 7 připevněny k základové desce 2.

Rotační pohyb rotační tyče zajišťuje rotační krokový motor 11. Rotační pohyb je přenášen skrz lící desku 13, čep 14 lící desky 13, ojnice 15 a čep 16 rotační tyče, která je šroubem 17 připojena k pravé části 5A rotační tyče, ze které se přenáší skrz úložnou krychli 23 s obalem, rotační tyč až k modelu 24 prostaty. Rotační krokový motor 11 je skrz domek 10 rotačního krokového motoru 11 šrouby 22 připevněn ke spodní části 3 lineárního táhla.

Průmyslová využitelnost

Zařízení, které představuje část umělého těla člověka, je určeno pro tvorbu simulací, které vytváří variantní návrhy pro ozařovací plány. Dále je určeno ke sběru dat pro vědecké účely a pro výuku lékařů a radiologických asistentů.

PATENTOVÉ NÁROKY

~~2011-09-1~~
Tisk

1. Mechanický fantom simulace pohybu ozařovaného ložiska, který obsahuje rozebíratelné tělo fantomu, základovou desku, krychli pro model ozařovaného orgánu a samovyvolávací filmy, **vyznačený tím, že** osou trupu rozebíratelného těla (1) fantomu prochází lineární táhlo složené ze dvou částí (3,4) spojených šrouby (18), do lineárního táhla je pod úhlem 90° vložena dvoudílná dutá rotační tyč s úložnou krychlí (23) pro model (24) prostaty, jejíž pravá část (5A) prochází stěnou těla (1) fantomu, která je přes čep (16) a šroub (17) spojena s ojnicí (15), která je rovněž čepem (14) spojena s lící deskou (13) rotačního krokového motoru (11), který je upevněn pomocí šroubů (22) v domku (10), ve spodní části těla (1) fantomu, přes celou jeho délku prochází dvě vodící tyče (6), které jsou upevněny pomocí domků (7) jejich základem (8) a šroubů (20) se základní deskou (2).
2. Mechanický fantom simulace pohybu ozařovaného ložiska dle nároku 1, **vyznačený tím, že** úložná krychle (23) s obalem pro zajištění její soudržnosti při manipulaci, odpovídá svou velikostí velikosti dutiny v rotační tyči, krychle (23) je složena nejméně z osmi dílů vybavených čepy, přičemž tyto díly vytváří prostor pro model (24) prostaty.
3. Mechanický fantom simulace pohybu ozařovaného ložiska dle nároku 2, **vyznačený tím, že** v modelu (24) prostaty, který je rozebíratelný a jeho jednotlivé části jsou vybaveny čepy (25), pro vzájemné spojení částí, je rozmístěno nejméně šest otvorů pro uložení válečků se zrny z radionetrasparentního materiálu.
4. Způsob simulace pohybu ozařovaného ložiska mechanickým fantomem podle předchozích nároků, **vyznačený tím, že** lineární motor (12) pohání lineární táhlo, které se suvně pohybuje po vodících tyčích (6), k lineárnímu táhlu je připojen rotační krokový motor (11), který otáčí rotační tyčí s níž je propojen ojnicí (15).

7-10-05-15
~~7-10-05-15~~

~~2015-09-27~~
~~7-10-05-15~~

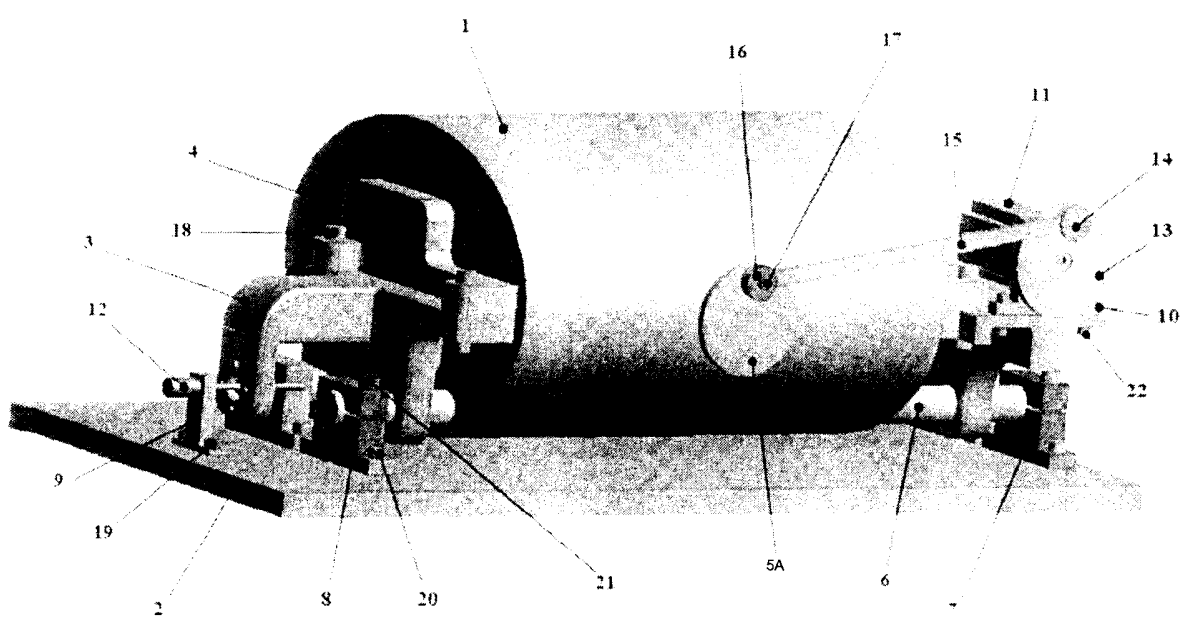
Seznam vztahových značek

- 1- Tělo fantomu
- 2- Základová deska fantomu
- 3- Dolní část lineárního táhla
- 4- Horní část lineárního táhla
- 5- 5A pravá část rotační tyče
5B levá část rotační tyče
- 6- Vodící tyč
- 7- Domek vodící tyče
- 8- Základna domku vodící tyče
- 9- Domek lineárního motoru
- 10- Domek rotačního krokového motoru
- 11- Rotační krokový motor
- 12- Lineární motor
- 13- Lící deska
- 14- Čep lící desky
- 15- Ojnice
- 16- Čep rotační tyče
- 17- Šroub pro připojení ojnice k pravé části vodící tyče
- 18- Šrouby pro spojení horní a dolní části lineárního táhla
- 19- 20 – šrouby pro spojení se základovou deskou
- 21 – šroub pro spojení částí domku vodící tyče
- 22 - šroub na domku rotačního krokového motoru
- 23 - krychle modelu prostaty
- 24 – model prostaty
- 25 – čepy modelu prostaty
- 26 – samovyvolávací filmy

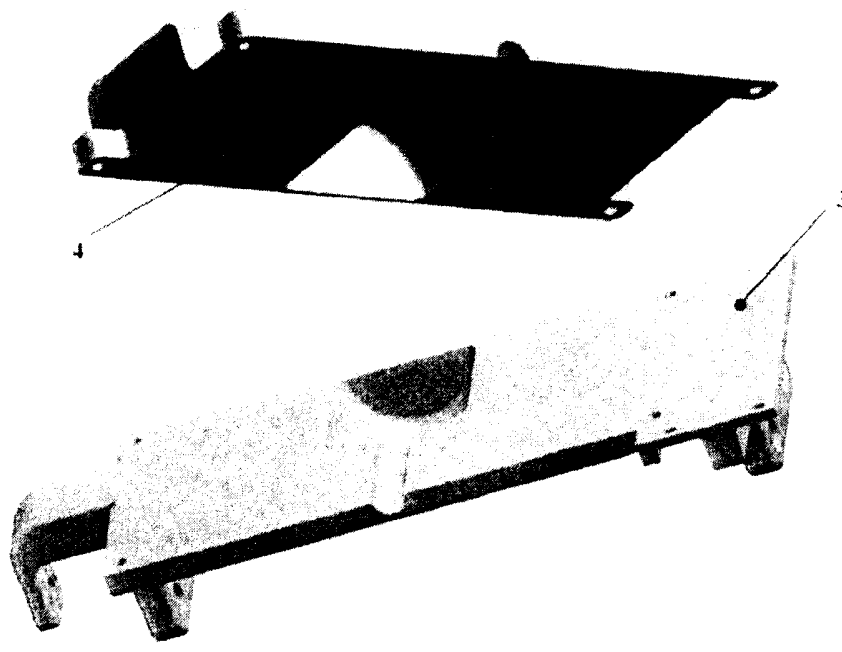
18.05.18

1/2

2015-092
T151-



Obr. 1

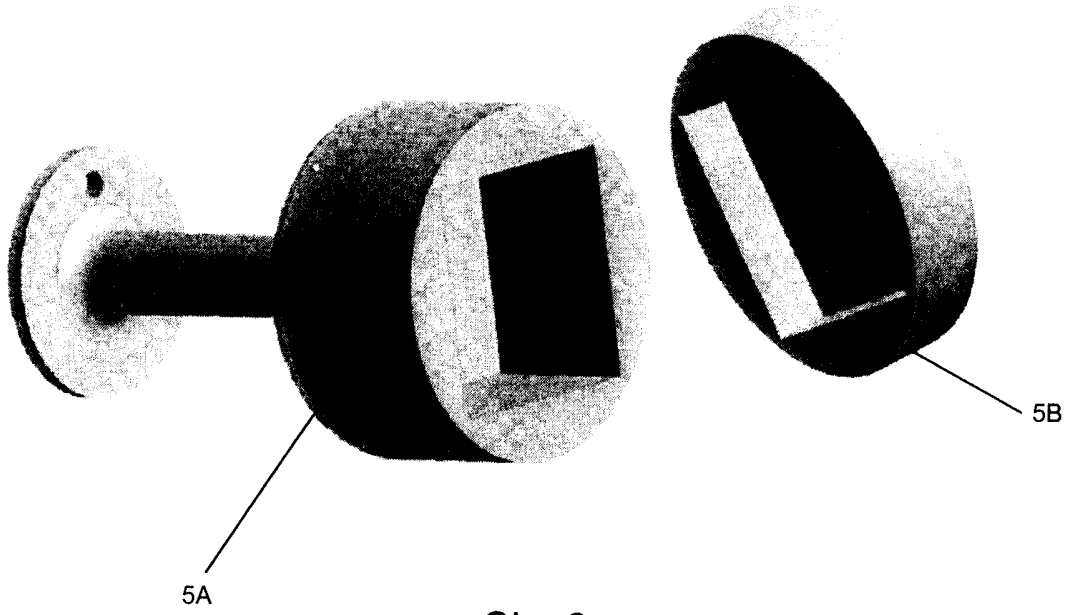


Obr. 2

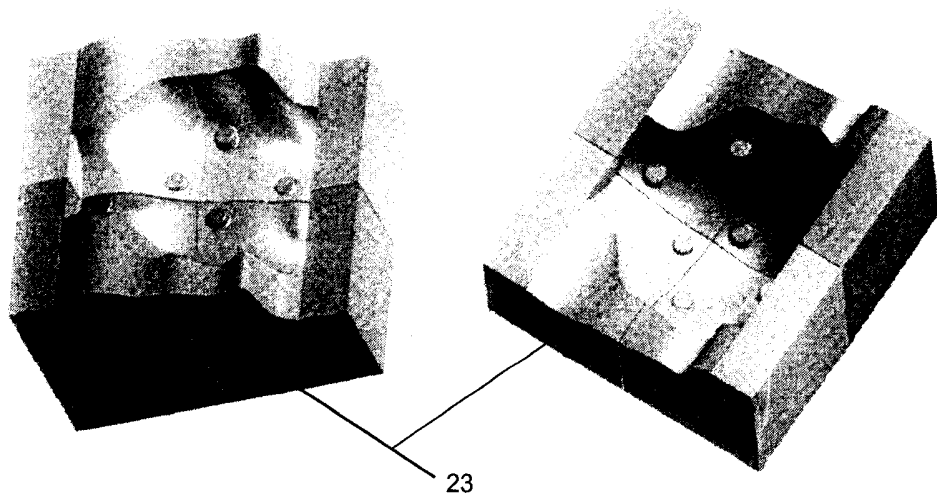
18.05.18

2/3

2015-097
Til-



Obr. 3

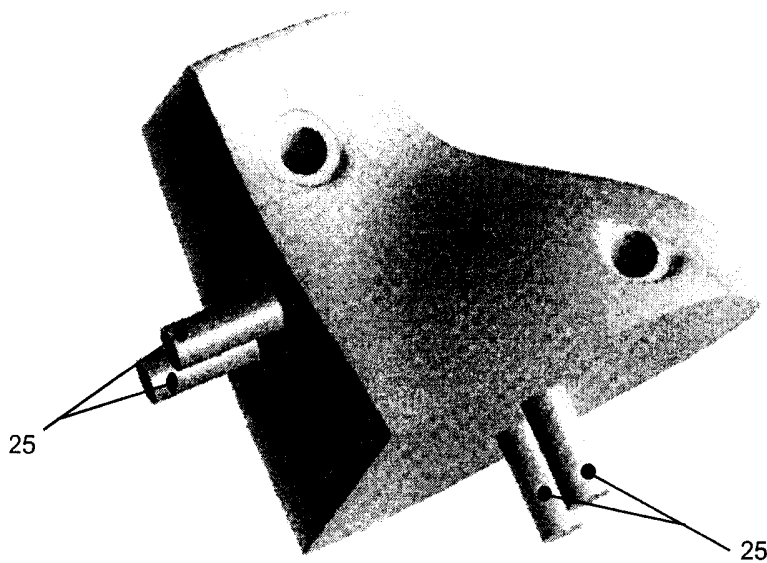


Obr. 4

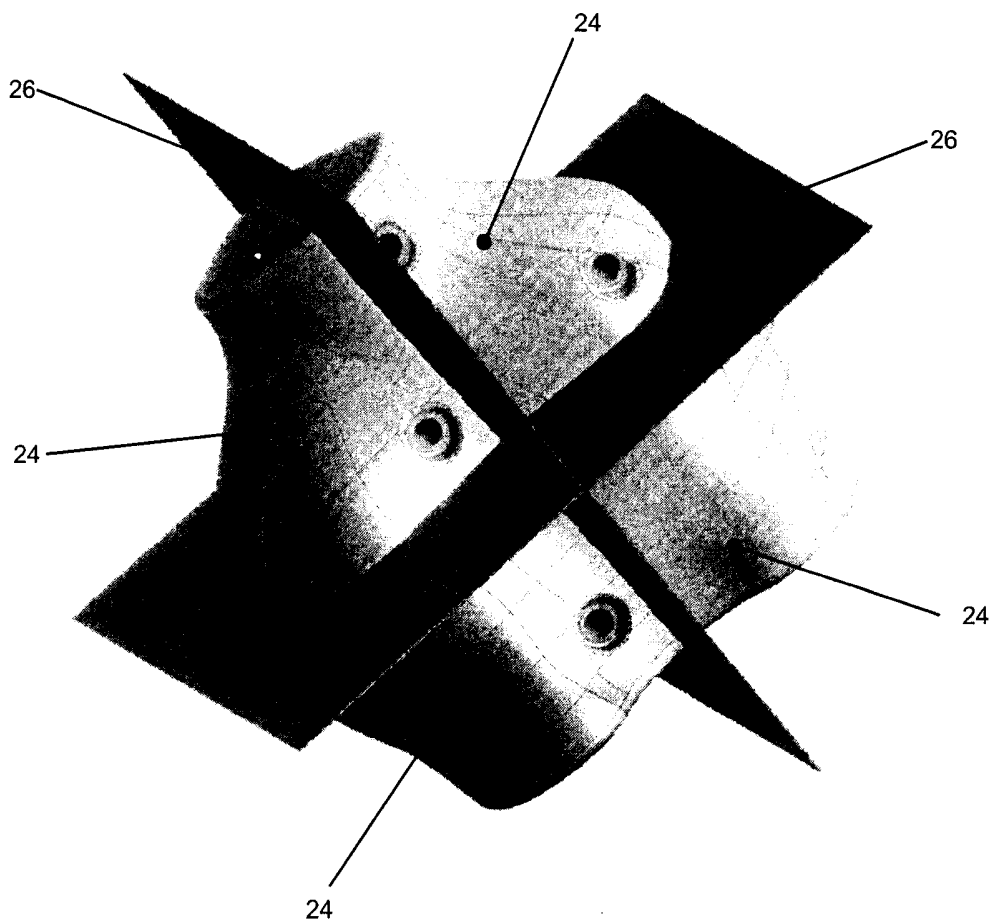
3/3

18.05.18

2015-097
TSL



Obr. 5



Obr. 6