

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

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

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSLového
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **11.05.2010**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **10.08.2011**
(Věstník č. 32/2011)

(21) Číslo dokumentu:

2010-362

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl.:

G09B 23/34 (2006.01)
G09B 23/30 (2006.01)
A61B 1/267 (2006.01)
B29D 22/00 (2006.01)
B29D 23/18 (2006.01)
B29C 67/00 (2006.01)

(71) Přihlašovatel:

Vysoké učení technické, Brno, CZ.

(72) Puvodce:

Jedelský Jan Ing., Ph.D., Bílovice nad Svitavou, CZ

Jicha Miroslav Prof. Ing. CSc., Brno, CZ

Lízal František Ing., Zlobice, CZ

Elcner Jakub Ing., Hradec Králové, CZ

(74) Zástupce:

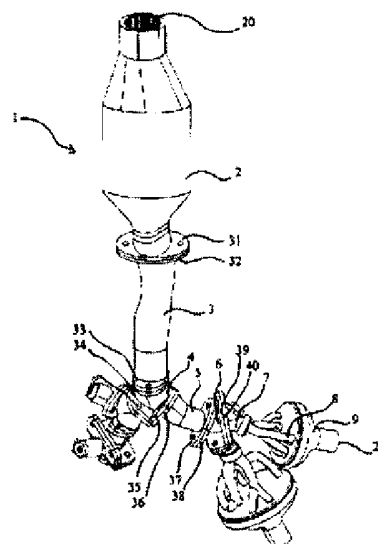
Ing. Veronika Zemanová, Mendlovo nám. 1a, Brno,
60300

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Model části dýchacího traktu člověka pro
studium depozice aerosolu a způsob jeho
výroby**

(57) Anotace:

Model (1) části dýchacího traktu člověka pro zkoumání depozice aerosolu na vnitřních stěnách tohoto modelu (1), který zahrnuje větvenou vnitřní dutinu se vstupním otvorem (20) pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů (25) pro výstup aerosolu a sestává ze soustavy navzájem rozebiratelně spojených segmentů (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), společně vymezujících větvenou vnitřní dutinu. Pro výrobu tohoto modelu (1) se počítačově vytvoří virtuální model, který se v počítači rozčlení na soustavu virtuálních segmentů virtuálního modelu, načež se údaje o těchto virtuálních segmentech vloží do přístroje pro rapid prototyping a tímto přístrojem se vyrobí jednotlivé segmenty (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), které se následně navzájem pospojují pomocí spojovacích prvků.



Model části dýchacího traktu člověka pro studium depozice aerosolu a způsob jeho výroby

Oblast techniky

Vynález se týká modelu části dýchacího traktu člověka pro zkoumání depozice aerosolu na vnitřních stěnách tohoto modelu, který zahrnuje větvenou vnitřní dutinu se vstupním otvorem pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů pro výstup aerosolu. Vynález se rovněž týká způsobu výroby uvedeného modelu.

Dosavadní stav techniky

Dýchací trakt člověka je složitým orgánem, jehož činnost z biomechanického hlediska není zcela objasněna. V současné době je předmětem zkoumání především problematika usazování aerosolu (malých kapalných nebo pevných kulových i nekulových částic a vláken v plynném médiu) v respiračním systému. Toto téma přitahuje stále více pozornosti s ohledem na znečištění ovzduší a také vzhledem k vývoji metod cílené dodávky terapeutických aerosolů k léčbě celého spektra nemocí, nejenom plicních.

Vývoj léčby některých nemocí se ubírá stále více směrem používání inhalovaných terapeutických aerosolů. Tak, jak se postupně daří objasňovat tento způsob dodávky léků, roste počet druhů léků, které se stávají vhodnými „kandidáty“ pro aerosolovou formu léků, včetně antimikrobiálních prostředků (např. antituberkulózních), vakcín, proteinů (např. inzulin pro terapii cukrovky), oligonukleotidů (např. pro genovou terapii cystické fibrózy) a dalších nemocí. Výhoda terapie pomocí inhalace je zřejmá při plicních onemocněních (např. aplikace léku do oblasti nádoru v dýchacích cestách či při léčbě tzv. chronické obstrukční plicní nemoci). Používání inhalovaných aerosolů je umožněno zejména díky velkému povrchu alveol a zvýšené pravděpodobnosti absorpce tímto povrchem. Avšak aby byl tento způsob medikace účinný, je nutné, aby byly aerosoly dopraveny do periferních dýchacích cest a neskončily v ústní dutině či v hrdle. V některých případech je požadováno, aby došlo k aplikaci na specifických místech, např. v oblasti cariny (častý výskyt novotvarů). Objasnění možností tzv. cílené dodávky terapeutických aerosolů je tedy podmínkou k léčbě různých nemocí.

Léčba pomocí inhalovaných aerosolů má velmi rychlý nástup účinku, snižuje nepříjemnou reakci organismu a k léčbě je třeba menší množství léku než při perorální léčbě. Oproti léčbě pomocí injekcí nevyžaduje léčba pomocí inhalovaných aerosolů zaučený zdravotní personál a je pro pacienta velmi pohodlná. Výsledky studia mohou být využity v

nemocnicích, mohou být využity následně výrobci aerosolových lékových forem, či výrobci nebulizérů.

Jednou z možností, jak získat nové poznatky o transportu a depozici částic v dýchacím traktu člověka, je experimentální výzkum založený na fyzickém modelu dýchacího traktu s použitím metod známých z oblasti mechaniky tekutin. V minulosti se používaly nejčastěji modely založené na zprůměrovaném dospělém člověku (nejznámější jsou Weibelův symetrický A model nebo Horsfieldův asymetrický). Tyto modely byly - zejména z výrobních důvodů a pro umožnění kontroly depozice uvnitř modelu - velmi zjednodušené, obsahovaly menší počet bifurkací, tedy větvení (obvykle 2 až 3 větvení), hladké stěny s válcovým průřezem a idealizovanou geometrií se symetrickým větvením průdušnic pouze v rovině, ačkoli ve skutečnosti jsou větvení prostorová. Tvar takovýchto modelů tedy neodpovídá dostatečně skutečnému tvaru dýchacího ústrojí člověka a výsledky získané využitím takovýchto modelů, není možné považovat za zcela relevantní. Navíc při větším počtu větvení je ztíženo zkoumání depozice částic uvnitř modelu v oblastech vzdálených od vstupu do modelu nebo výstupu z něj.

Podstata technického řešení

Tyto nevýhody odstraňuje model části dýchacího traktu člověka pro zkoumání depozice aerosolu na vnitřních stěnách tohoto modelu, který zahrnuje větvenou vnitřní dutinu se vstupním otvorem pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů pro výstup aerosolu, přičemž podstata vynálezu spočívá v tom, že model sestává ze soustavy navzájem rozebíratelně spojených segmentů, společně vymezujících větvenou vnitřní dutinu.

S výhodou je vnitřní dutina modelu pro napodobení tvaru dýchacího traktu člověka větvená prostorově a/ nebo je povrch jeho vnitřní dutiny nepravidelně zvrásněný; nejlépe tvar jeho vnitřní dutiny a zvrásnění povrchu jeho vnitřní dutiny odpovídají tvaru vnitřní dutiny a zvrásnění povrchu vnitřní dutiny části dýchacího traktu alespoň jednoho člověka.

Ve výhodném provedení jsou segmenty pro vzájemné rozebíratelné spojení opatřeny na svých styčných koncích spojovacími přírubami, na a/ nebo v nichž jsou uspořádány spojovací prvky, zejména šrouby s maticemi, šroubové nebo pákové svorky a/ nebo komplementární dvojice záchytného výstupku a oka.

Pro vizuální kontrolu průběhu depozice aerosolu je výhodné, když alespoň některé ze segmentů jsou vyrobeny z částečně průhledného nebo alespoň průsvitného materiálu.

Pro měření množství aerosolu, které prošlo celou vnitřní dutinou, případně neulpělo na stěnách vnitřní dutiny je na každý koncový segment zahrnující nejužší větev vnitřní dutiny

modelu připojena sběrná koncovka, s níž koncový segment vytváří společnou dutinu, do níž jsou zaústěny výstupní konce nejužších větví koncového segmentu a která je propojena s výstupním otvorem ze sběrné koncovky.

Nedostatky dosavadního stavu techniky řeší rovněž způsob výroby výše popsaného modelu, přičemž podstata spočívá v tom, že se počítačově vytvoří virtuální model, který se v počítači rozčlení na soustavu virtuálních segmentů uvedeného virtuálního modelu, načež se údaje o těchto virtuálních segmentech vloží do přístroje pro rapid prototyping (přístroj, využívající některou z technologií rychlé výroby dílců, jejichž společným znakem je výroba dílců postupným přidáváním materiálu po vrstvách na základě dat odeslaných z počítače) a tímto přístrojem se vyrobí jednotlivé segmenty, které se následně navzájem pospojují pomocí spojovacích prvků. Technologie rychlé výroby dílců spočívá v tom, že se požadovaný dílec na základě dat o virtuálním (v počítači uloženém) modelu vyrábí nanášením tenkých vrstev na základní desku, která po dokončení každé vrstvy klesne právě o tloušťku této vrstvy. Mezi druhy technologie rychlé výroby dílců, které jsou vhodné pro výrobu jednotlivých segmentů, patří metoda stereolitografická (SLA), metoda selektivního laserového slinování (SLS), metoda trojrozměrného tisku velmi tenkých vrstev fotopolymerní (3D printing), metoda modelování tavnou tryskou (fused deposition modelling) nebo metoda vytlačování a následného vytvrzování polymeru UV lampou (PolyJet).

Pro zajištění co nejrealističtější podoby vnitřní dutiny výsledného modelu se virtuální model s výhodou vytvoří na základě dat získaných měřením tvaru vnitřní dutiny alespoň jednoho skutečného člověka.

Segmenty od vstupního segmentu se vstupním otvorem až po segmenty, obsahující čtvrtou generaci větvení vnitřní dutiny se s výhodou vyrobí stereolitografickou metodou z fotopolymerní pryskyřice a ostatní segmenty a/nebo sběrné koncovky se mohou vyrobit technologií vytlačování a následného vytvrzování průsvitného fotopolymerní UV lampou.

Přehled obrázků na výkresech

Vynález bude dále podrobněji popsán pomocí příkladných provedení a s odkazy na obrázky, kde na obr. 1 je schematicky znázorněna geometrie dýchacího traktu od hrdla po 7. generaci větvení a na obr. 2 je schematický náčrt části modelu podle vynálezu.

Popis příkladných provedení

Jak bylo uvedeno, na obr. 1 je schematicky znázorněna geometrie dýchacího traktu, která prakticky odpovídá tvaru vnitřní dutiny příkladného provedení modelu 1 podle

vynálezu, jehož část je znázorněna na obr. 2. Pro lepší přehlednost obr. 2 nebyly znázorněny všechny větve modelu 1 a vztahovými značkami byla označena pouze část znázorněné části modelu 1. Příkladné provedení modelu 1 zahrnuje segment 2 se vstupním otvorem 20 na jedné straně a spojovací přírubou 31 na straně druhé, na něj navazuje segment 3 se spojovací přírubou 32 pro spojení se spojovací přírubou 31 segmentu 2; na segment 3 navazuje segment 4 tvořící první generaci větvení vnitřní dutiny, přičemž svou spojovací přírubou 34 je spojen se spojovací přírubou 33 segmentu 3 a svou spojovací přírubou 35 je přes spojovací přírubu 36 spojen s dalším segmentem 5 a současně přes další spojovací přírubu je spojen s dalším segmentem (bez vztahové značky). Segment 5 je spojen svou spojovací přírubou 37 se spojovací přírubou 38 segmentu 6, který představuje další větvení vnitřní dutiny. Segment 6 je pak mimo jiné spojen se segmentem 7, a to spojením spojovací příruby 39 segmentu 6 se spojovací přírubou 40 segmentu 7, který představuje další větvení vnitřní dutiny. Na segment 7 je nasunutím a utěsněním pomocí silikonového tmelu napojen svým vstupním otvorem segment 8 s dalšími větvenými vnitřní dutiny, přičemž všechny koncové větve segmentu 8 jsou zaústěny do kruhové desky s napojovacím okrajem, ke kterému je připojena sběrná koncovka 9 s výstupním otvorem 25. Segment 8 tak spolu se sběrnou koncovkou vytváří dutinu, do níž jsou zaústěny všechny výstupní konce jeho větví a z níž je odvod aerosolu uskutečněn jediným výstupním otvorem 25. V jednodušším, neznázorněném provedení mohou koncové větve segmentu 8 ústít volně do prostoru a v tom případě je model za provozu alespoň od segmentu 3 dále umístěn ve sběrném vaku, který může být opatřen výstupním otvorem pro případné napojení na filtr. Znázorněný model 1 podle vynálezu umožňuje díky sběrným koncovkám 9 na výstupech 7. generace větvení připojení filtrů částic. Tyto filtry umožňují získat informaci o množství aerosolu prošlého danou větví dýchacího traktu, případně pro měření množství látek, které by se teoreticky dostaly až do nejužších větví tracheobronchiálního stromu, které už model 1 neobsahuje. Příkladné provedení modelu 1 se skládá ze 32 částí a umožňuje studium depozice různých aerosolů až do 7. generace větvení vnitřní dutiny. V uvedeném příkladném provedení je vstup válcový o vnějším průměru 30 mm, výstup je deseti válcovými vývody na sběrných koncovkách 9, resp. výstupními otvory 25 o vnějším průměru 10 mm.

Geometrická data pro konstrukci příkladného provedení modelu 1 části dýchacího traktu podle vynálezu, zejména s ohledem na jeho vnitřní dutinu, byla získána ze dvou zdrojů:

a) Pro tracheo-bronchiální strom do 7. generace větvení byla použita digitální referenční data publikovaná skupinou prof. Kriete, USA (Schmidt-Zidowitz-Kriete-Denhard-Krass-Peitgen, 2004). Tato data jsou založena na in-vitro vzorku plic získaném z dospělého muže. Geometrie

plíc byla po preparaci snímána pomocí počítačové tomografie s vysokým rozlišením. Získaná data se vyznačují vysokou přesností, vysokým počtem generací větvení a podrobným statistickým popisem morfologie. Data uvádějí geometrii stromu jako textový popis souřadnic uzlů a průměry kanálů v nich. Z tohoto popisu byl metodou Marching Spheres ("Postupující koule"; koule interpolovaně prochází po uzlech stromu a její průměr se lineárně mění podle parametrů v uzlech) vygenerován virtuální rastrový objemový model vnitřních stěn sledované části dýchacích cest od průdušnice po 7. generaci větvení včetně.

b) Pro část od hrdla po průdušnici (tracheu) byla získána data provedením trojrozměrné počítačové tomografie In-vivo měření mužského dospělého dobrovolníka ve fakultní nemocnici U Svaté Anny v Brně. Tento virtuální model poskytuje podrobné údaje o realistické geometrii uvedené části dýchacích cest včetně komplexních struktur hlasivek (glottis) a příklopky hrtanové (epiglottis).

Metody počítačového zobrazování v lékařství jsou popsány rovněž v Schmidt, A., Zidowitz, S., Kriete, A., Denhard, T., Krass, S. & Peitgen, H. O. (2004). J. Computerized Medical Imaging and Graphics, 28, 203-211.

Digitální data o těchto dvou virtuálních modelech byla zkombinována a virtuální modely pečlivě napojeny na sebe v oblasti průdušnice. Dále byla provedena vektorizace metodou Marching Cubes (metodou „postupujících krychlí“) a vyhlazení získaného geometrického modelu. Výsledkem je vektorový model ve formě polygonální trojúhelníkové sítě popisující geometrii vnitřního povrchu dýchacích cest. Tento vektorový model byl nakonec uložen ve vhodných formátech pro export do navazujících systémů (STL, VRML atd.) pro trojrozměrný tisk.

Následně bylo u tohoto virtuálního modelu provedeno upřesnění hranic vstupu a výstupu, rozdělení na virtuální segmenty, a to pro umožnění měření lokální depozice aerosolu a usnadnění výroby, na jednotlivých virtuálních segmentech byly navrženy spojovací příruby. Získaná geometrie dýchacího traktu byla ve formátu STL importována do systému počítačem podporovaného navrhování Rhinoceros 4.0., kde byla ručně korigována do podoby vhodné pro výrobu technologií rychlé výroby dílců.

Segmenty 2, 3, 4, 5, 6, 7 horní části modelu 1 z obr. 2 od hrdla přes průdušnici až do 4. generace větvení byly vyrobeny stereolitografickou metodou z fotopolymerní pryskyřice, konkrétně z polybutylen tereftalátu prodáváného pod značkou WaterShed XC 11122 (byl použit stroj Viper od firmy 3D Systems). Tloušťka nanášené vrstvy materiálu polybutylen-tereftalátu byla 0,1 mm, což je standardní nastavení, střední tloušťka stěn modelu 1 byla 2 mm. Tato část modelu 1 je průsvitná až částečně průhledná a je tvořena dvanácti segmenty 2,

3, 4, 5, 6, 7 (některé nejsou znázorněny), které je možné opakovaně navzájem spojovat a rozebírat. Spojení je realizováno pomocí spojovacích přírub 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 na koncích jednotlivých segmentů 2, 3, 4, 5, 6, 7. Ve spojovacích přírubách 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 jsou znázorněny průchozí otvory pro šrouby M4, je ale samozřejmé, že spojení spojovacích přírub 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40 je možno provést také jiným způsobem, například mohou být použity pákové nebo šroubové svorky, převlečné matice, bajonetové spoje, systém záchytných výstupků a pružných pásků s oky pro navlečení na výstupky a podobně.

Na konce takto vyrobených větví byly nasazeny koncové segmenty 8 s nejužšími větvemi, vyrobené technologií vytlačování a následného vytvrzování polymeru UV lampou (metoda PolyJet) na stroji Eden 250 od firmy Objet Geometries z průsvitného fotopolymerního materiálu na bázi akryliku, prodáváného pod značkou FullCure, čímž vznikl model plic do sedmé generace větvení s koncovým průměrem 2 až 3 mm. Tato část modelu od 5. do 7. generace větvení je také opakovaně rozebíratelná. Na koncové segmenty 8 se 7. generací větvení jsou napojeny sběrné koncovky 9, které slouží k napojení na výstupní hadice. Vzájemná spojení segmentů 7, vyrobených stereolitografií, a segmentů 8, vyrobených technologií vytlačování a následného vytvrzování polymeru UV lampou (PolyJet), byla provedena nasunutím a utěsněním silikonovým tmelem, je ale také možné je napojit jiným způsobem, například závitovým spojem s pryžovým těsnicím kroužkem nebo i jinak. Pro výrobu všech segmentů lze použít i jiné metody rychlého navrhování, například selektivní laserové slinování práškového materiálu (SLS - selective laser sintering), trojrozměrný tisk velmi tenkých vrstev fotopolymerního (3D printing), metoda modelování tavnou tryskou, což je technologie využívající dvou materiálů, a to materiál stavební a materiál podpory (Fused deposition modelling). Výše uvedené použité metody mají výhodu v přesnosti, pevnosti, kvalitě povrchu a částečné průhlednosti modelu.

Segmentový model části dýchacího traktu člověka, resp. příkladné provedení modelu 1, znázorněné na obr. 2, má realistickou komplikovanou geometrii, jeho vnitřní dutina odpovídá morfologii dýchacích cest skutečného člověka a simuluje vnitřní stěny hrdla, hlasivky, průdušnici a průdušky s mnohonásobným větvením kanálů do 6. až 7. generace.

Realistická geometrie modelu 1 podle vynálezu obsahuje komplexní struktury v oblasti hlasivek, vyznačuje se nekruhovými průřezy a zakřivenou střednicí trubic, stěnami s proměnným zakřivením, zvlněná stěna průdušnice s částečně hladkým i drsným povrchem obsahuje hřebenovité chrupavčité C-kroužky, větvení průdušek (vzduchovodů) jsou

asymetrická s ostrými ohyby větví a postupně se redukcujícím průměrem vzduchových cest, stejně jako u skutečného člověka.

Přívod vzduchu do modelu **1** je realizován připojením vývěvy na výstupy 7. generace větvení pro stacionární proudění vzduchu. Aerosol potřebných vlastností (velikost, koncentrace, tvar) je do modelu dodáván z vhodného generátoru aerosolu (např. kondenzační generátor).

Průmyslová využitelnost

Segmentový model **1** podle vynálezu je využitelný zejména pro studium depozice (usazování) aerosolu pro účely studia dopadu znečištění ovzduší a pro účely studia cílené dodávky léků inhalací. Model **1** se jednoduše sestaví, vstupní otvor **20** se propojí se zdrojem aerosolu, výstupní konce **25** se propojí s vývěvou a po stanovenou dobu se nechá aerosol proudit modelem **1**. Následně se model **1** rozebere na jednotlivé segmenty **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9** a provede se měření přítomnosti částic deponovaných na jejich vnitřních stěnách. Po vyhodnocení je možné jednotlivé segmenty **2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9** vyčistit a použít pro další měření. Model **1** umožňuje získat data o množství usazeného aerosolu v jednotlivých segmentech plic (až 32 vzorků). Je možné použít známé a dostupné metody pro určování depozice částic, například gravimetrické, fluorescenční metody a podobně. Segmentový model podle vynálezu umožňuje také studium charakteristik proudění během dýchacího cyklu – průtoky jednotlivými větvemi, tlakové ztráty na jednotlivých trubicích i v celém modelu.

Segmentový model podle vynálezu může být využit i jako výuková pomůcka na lékařských či farmakologických fakultách, pro studium biomechaniky a podobně.

PATENTOVÉ NÁROKY

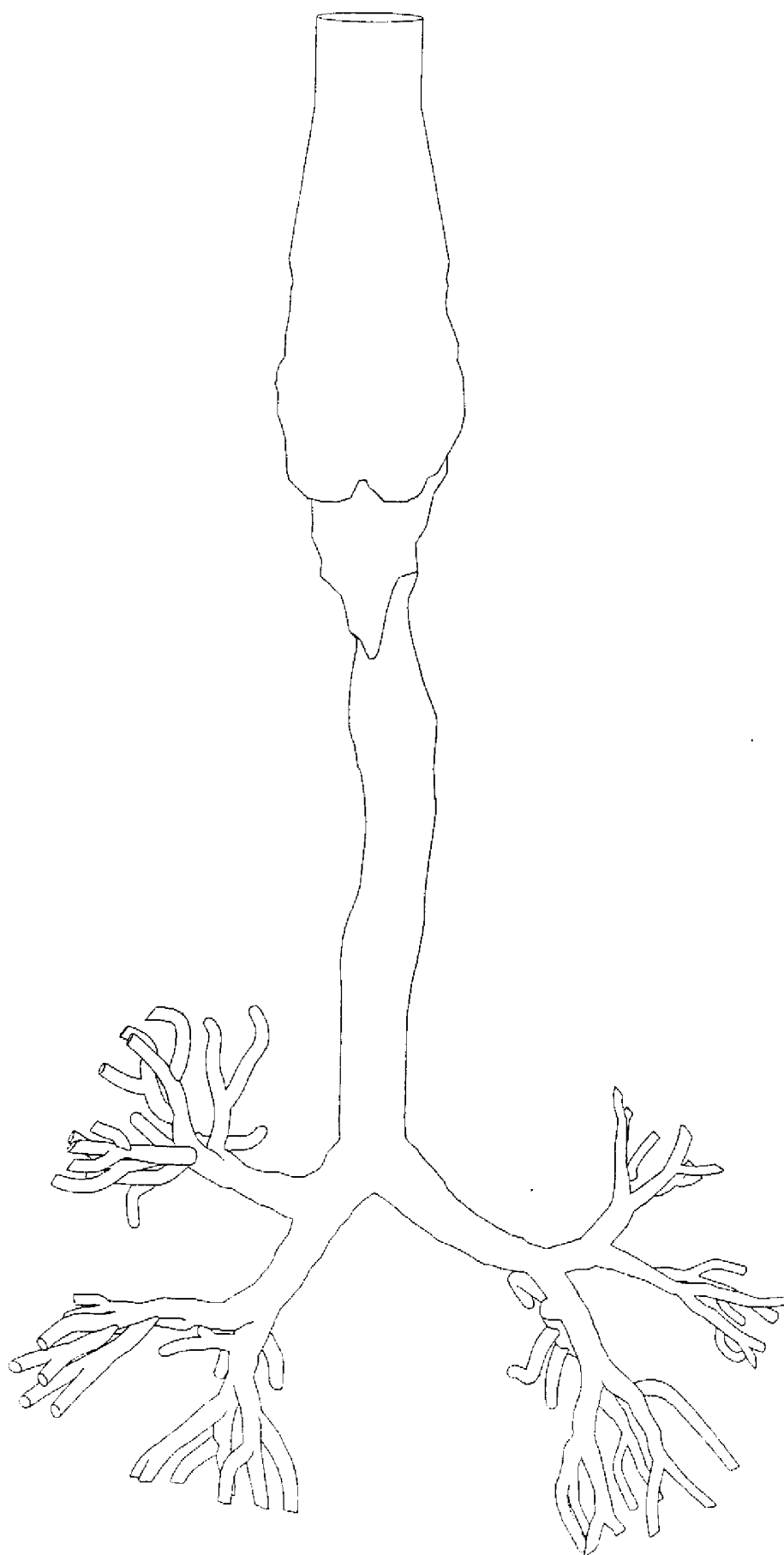
1. Model (1) části dýchacího traktu člověka pro zkoumání depozice aerosolu na vnitřních stěnách tohoto modelu (1), který zahrnuje větvenou vnitřní dutinu se vstupním otvorem (20) pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů (25) pro výstup aerosolu, **vyznačující se tím, že** sestává ze soustavy navzájem rozebíratelně spojených segmentů (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) svými vnitřními dutinami společně vymezujících větvenou vnitřní dutinu.
2. Model (1) podle nároku 1, **vyznačující se tím, že** jeho vnitřní dutina je pro napodobení tvaru dýchacího traktu člověka větvená prostorově a povrch jeho vnitřní dutiny je nepravidelně zvrásněný.
3. Model (1) podle nároku 2, **vyznačující se tím, že** tvar jeho vnitřní dutiny a zvrásnění povrchu jeho vnitřní dutiny odpovídají tvaru vnitřní dutiny a zvrásnění povrchu vnitřní dutiny části dýchacího traktu alespoň jednoho člověka.
4. Model (1) podle kteréhokoli z nároků 1 až 3, **vyznačující se tím, že** segmenty jsou pro vzájemné rozebíratelné spojení opatřeny na svých styčných koncích spojovacími přírubami (31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40), ~~na a /~~ nebo v nichž jsou uspořádány spojovací prvky, zejména šrouby s maticemi, šroubové nebo pákové svorky a ~~/~~ nebo komplementární dvojice záchytného výstupku a oka.
5. Model (1) podle kteréhokoli z nároků 1 až 4, **vyznačující se tím, že** alespoň některé ze segmentů (2, 3, 4, 5, 6, 7) jsou vyrobeny z částečně průhledného nebo alespoň průsvitného materiálu.
6. Model podle kteréhokoli z nároků 1 až 5, **vyznačující se tím, že** na každý koncový segment (8) zahrnující nejužší větev vnitřní dutiny modelu (1) je připojena sběrná koncovka (9), s níž koncový segment (8) vytváří společnou dutinu, do níž jsou zaústěny výstupní konce větví koncového segmentu (8) a která je propojena s výstupním otvorem (25) ze sběrné koncovky (9).

7. Způsob výroby modelu (1) podle kteréhokoli z nároků 1 až 6, **vyznačující se tím, že** se počítačově vytvoří virtuální model části dýchacího traktu člověka pro zkoumání depozice aerosolu na vnitřních stěnách modelu (1), přičemž uvedený virtuální model zahrnuje větvenou vnitřní dutinu se vstupním otvorem pro vstup aerosolu a se soustavou výstupních otvorů pro výstup aerosolu a tento virtuální model se v počítači rozčlení na soustavu virtuálních segmentů virtuálního modelu, načež se údaje o těchto virtuálních segmentech vloží do přístroje pro rychlou výrobu dílců a tímto přístrojem se na základě uvedených údajů postupným přidáváním materiálu po vrstvách vyrobí jednotlivé segmenty (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8), které se následně navzájem pospojují pomocí spojovacích prvků uzpůsobených pro jejich rozebiratelné spojení.
8. Způsob podle nároku 7, **vyznačující se tím, že** výroba jednotlivých segmentů (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8) se provede metodou stereolitografickou nebo metodou selektivního laserového slinování nebo metodou trojrozměrného tisku nebo metodou modelování tavnou tryskou nebo metodou vytlačování polymeru a jeho následného vytvrzování UV lampou.
9. Způsob podle nároků 7 nebo 8, **vyznačující se tím, že** virtuální model se vytvoří na základě dat získaných měřením tvaru vnitřní dutiny alespoň jednoho skutečného člověka.
10. Způsob podle nároku 8, **vyznačující se tím, že** se segmenty (2, 3, 4, 5, 6, 7) od segmentu (2) se vstupním otvorem (20) až po segmenty (7) obsahující čtvrtou generaci větvení vnitřní dutiny vyrobí stereolitografickou metodou z fotopolymerní pryskyřice a ostatní segmenty (8) a/ nebo sběrné koncovky (9) se vyrobí technologií vytlačování a následného vytvrzování průsvitného fotopolymeru UV lampou.

1/2

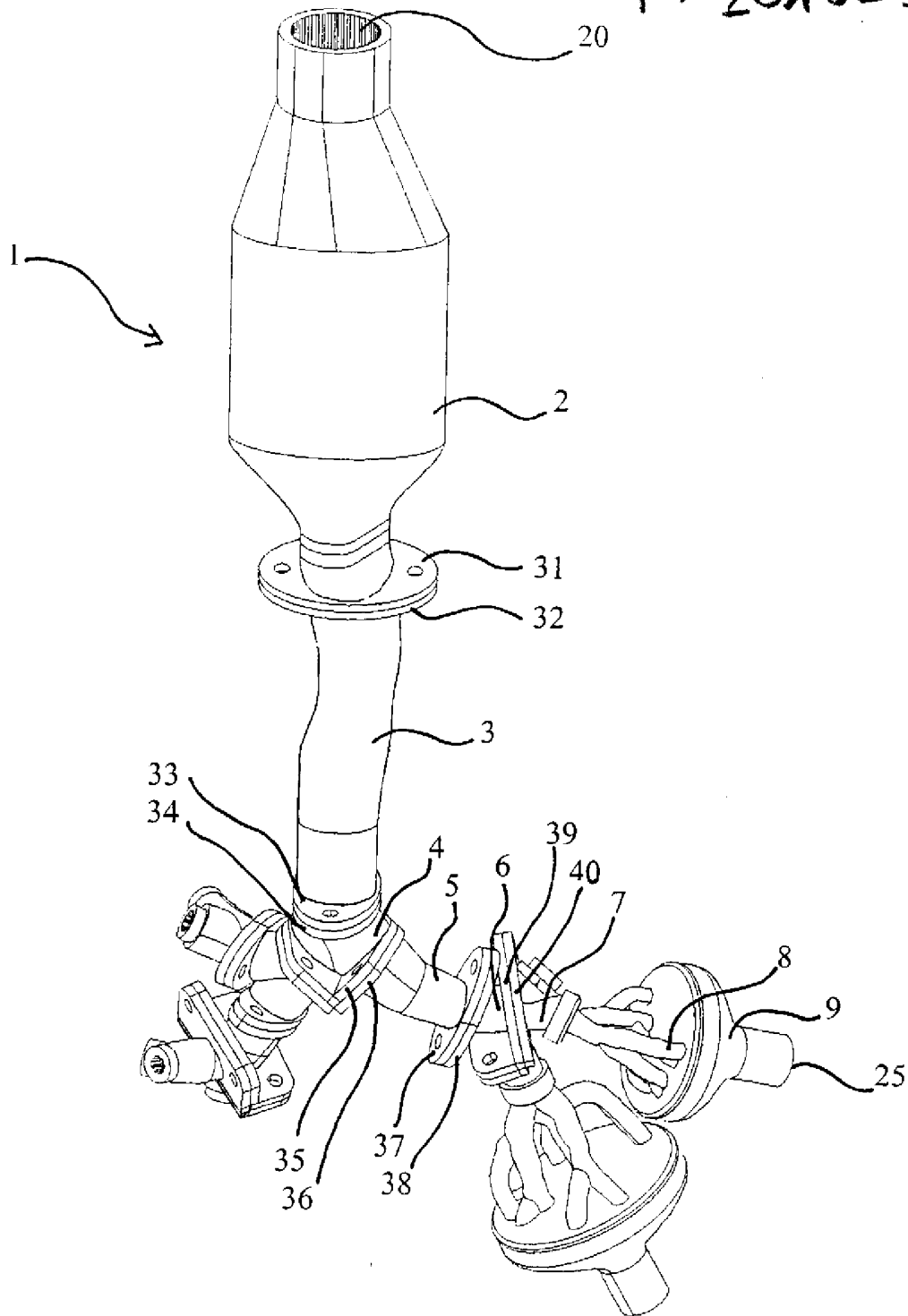
PV 2010-362

Obr. 1



2/2

PV 2010-362



Obr. 2