

PATENTOVÝ SPIS

(11) Číslo dokumentu:

303 348

(13) Druh dokumentu: **B6**

(51) Int. Cl.:

G01N 11/02 (2006.01)
G01L 7/00 (2006.01)
G01F 1/00 (2006.01)
G01N 11/04 (2006.01)

(19)
 ČESKÁ
 REPUBLIKA



ÚŘAD
 PRŮMYSLVÉHO
 VLASTNICTVÍ

(21) Číslo přihlášky: **2008-302**
 (22) Přihlášeno: **16.05.2008**
 (40) Zveřejněno: **25.11.2009**
 (**Věstník č. 47/2009**)
 (47) Uděleno: **27.06.2012**
 (24) Oznámení o udělení ve Věstníku: **08.08.2012**
 (**Věstník č. 32/2012**)

(56) Relevantní dokumenty:
 DE 19809625 A1; JP 59155706 C.

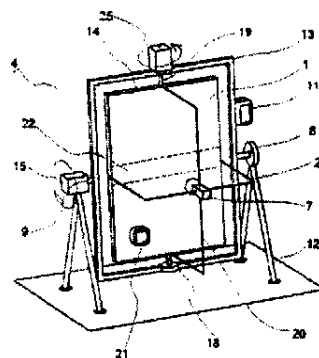
(73) Majitel patentu:
 Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava,
 Ostrava-Poruba, CZ

(72) Původce:
 Zegzulka Jiří Prof. Ing. CSc., Ludgeřovice, CZ
 Bortlík Petr Ing., Bolatice, CZ
 Dokoupil Otakar Ing. CSc., Prosenice, CZ
 Brázda Robert Ing. Ph.D., Ostrava-Poruba, CZ
 Nečas Jan Ing. Ph.D., Ostrava-Hrabová, CZ

(54) Název vynálezu:
**Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké
 hmoty a zařízení k provádění způsobu**

(57) Anotace:
 Po vložení sypké hmoty do modelové skříně se simuluje kinetika pohybu souborů částic a/nebo samotných částic. Při průchodu sypké hmoty modelovou skříní se dosahuje celkového konečného kinetického stavu jedním z následujících procesů nebo skládáním parciálních vlivů nejméně dvou z následujících procesů: 1) vytvářením přechodového stavu napjatosti v sypké hmotě zvyšováním úhlu náklonu modelové skříně vůči vodorovné rovině v nejméně jednom libovolném směru a po dosažení přechodového stavu napjatosti plynulými změnami úhlu náklonu v libovolném směru jak v kladném, tak v záporném smyslu o předem zvolený úhel. 2) uvedením systému do přechodového stavu napjatosti nastavením frekvence změn úhlu náklonu modelové skříně na frekvenci toku sypké hmoty. 3) nejméně jednou modifikací sypké hmoty, který se provádí modelací vazby mezi částicemi ideální sypké hmoty. V případě provádění dvou a více těchto procesů probíhají alespoň dva procesy současně a/nebo postupně v libovolném pořadí, načež se hodnoty, představující celkový obraz simulace možných kinetických stavů jednotlivých částic i souborů částic a dějů probíhajících v modelové skříně přepočtou na parametry inženýrského díla. Sypká hmota se může udržovat v přechodovém stavu napjatosti periodickým kolísáním náklonu kolem experimentálně zjištěné střední hodnoty v experimentálně zjištěných mezích. Zařízení je tvořeno modelovou skříní (1) obsahující modelovou komoru (2), obklopenou stěnami (6, 16, 26) modelové skříně (1), ve které se nachází sypká hmota (3). Zařízení dále obsahuje polohovací zařízení (4) pro náklon modelové skříně (1) v libovolném směru a/nebo rotaci modelové skříně (1) kolem

libovolně orientované osy v kladném nebo v záporném smyslu. Modelová skříně (1) je upravena na polohovacím zařízení (4) nebo s ním v silové vazbě. Uvnitř modelové komory (2) se může nacházet přepážka (22) a sypkou hmotou (3) může být modelová hmota, tvořená kulovitými částicemi. Modelová skříně (1) může být dále opatřena nejméně jedním čidlem (5) stavu sypké hmoty (3), s výhodou tlakovým senzorem a/nebo snímačem zvukového signálu a/nebo snímačem ultrazvukového signálu. Alespoň část stěny (6, 16, 26) modelové skříně (1) může být průhledná, zařízení může obsahovat pozorovací jednotku (7), s výhodou videokameru. Modelová skříně (1) a/nebo polohovací zařízení (4) může být opatřeno nejméně jedním vibrátorem (11, 21).



CZ 303348 B6

Způsob simulace kinetiky pohybu částic sytké hmoty a zařízení k provádění způsobu

Oblast techniky

5

Vynález se týká zjišťování vlastností sytkých hmot a řeší provádění kontrolních nebo simulačních experimentů pro verifikaci inženýrských děl a badatelskou činnost v oblasti aplikací procesu pracujících se sytkými hmotami, zejména simulaci průběhu tlaku, velikosti proudových profilu, simulaci proudových a rychlostních polí, obtékání pasivních prvku, koutu, překážek a podobně, mimo jiné struktury stavby sytkých hmot včetně struktury nanosouboru částic.

10

Dosavadní stav techniky

15

Je známo, že při přemísťování sytkých hmot dochází k individuálnímu pohybu částic. Na pohyb každé částice mají vliv jak vlastnosti této částice, tak vlastností okolí, kterým je tato částice obklopena. Sestává-li sytká hmota z částic různých vlastností, např. různé velikosti, různé hustoty, různého tvaru nebo mají-li částice různé tvarovaný nebo různé drsný povrch, dochází při přemísťování sytké hmoty ke shlukování částic, které byly v sytké hmotě důvodně rozmístěny rovnoměrně. Dochází tak k přednostnímu shromažďování určitých částic na specifických místech, např. větších nebo těžších částic v dolní části zásobníku, u dna žlabu nebo v místech změny směru pohybu atp. Tento jev je zvláště nežádoucí, pokud jsou odlišné vlastnosti částic způsobeny jejich různým chemickým složením. Původně relativně homogenní směs se tak po přemístění stane zřetelně nehomogenní, což při dávkování sytké směsi po menších množstvích způsobí nežádoucí odchylky v chemickém složení jednotlivých dávek. Aby vliv takových jevu byl co nejvíce eliminován, je nutno pro praxi navrhnout provozní zařízení tak, aby byly nežádoucí jevy eliminovány.

20

25

Jsou známy dvě skupiny metod sledování chování sytkých hmot při pohybu. První skupina metod je zaměřena na proměřování jevu probíhajícího na skutečných zařízeních fyzikálními metodami. Jedná se o měření tlaku, sil, kinematiky a dynamiky pohybu částic, rázu, interakce s konstrukcí, atd. K simulaci chování sytkých hmot na skutečných zařízeních je možno použít též sytkých materiálů z modelových hmot. Nevýhodou tohoto řešení je, že nedostatky provozního zařízení jsou zjištěny až po jeho vyrobení, což si vyžaduje, aby bylo provozní zařízení rekonstruováno až na základě praktických výsledků, což je spojeno s vysokými náklady. Druhá skupina metod využívá k simulaci procesu matematického modelování pohybu a chování částic v simulačních zařízeních, která jsou vůči skutečným zařízením vytvořena ve zmenšeném nebo zvětšeném měřítku. Nevýhodou takových simulačních zařízení i na nich provozovaných metod je, že procesy probíhající v sytkých hmotách jsou vůči vertikální ose modelovány ve skutečné poloze jako v provozním zařízení nebo ve skutečné poloze procesního, dopravního, nebo skladovacího zařízení a neumožňují sledovat vliv odchylek v konstrukčním provedení na chování sytké hmoty např. jsou známy simulační metody aplikované na pevných, svisle orientovaných simulačních zařízeních, která neumožňují naklopení podle náklonných os, na kterých se studují vlastnosti sytkých hmot při simulaci dějů, v praxi probíhajícího v sytkých hmotách. Simulační studie se na simulačních zařízeních provádějí, buď se simulačními materiály nebo přímo se skutečným materiálem, jehož má být použito v provozním zařízení. Simulační zjištěné výsledky jsou následně pomocí různých kritérií přenášeny na provozní zařízení. Simulační materiály, pokud mají být využity při simulaci na simulačním zařízení, musí být inertní a též dlouhodobě izotropní a stabilní. Používají se například plastové nebo kovové granule, válečky a hranolky nebo drcený vápennec. Při použití simulačních materiálů na provozním zařízení se mohou výrazně projevit takové vlastnosti skutečného materiálu, které simulační materiál při experimentu neměl, což vede k nutnosti následných úprav provozního zařízení při použití skutečného materiálu na simulačním zařízení se jeho vlastnosti mohou v průběhu simulací měnit degradací, segregací, dlouhodobým stykem s ovzduším u oxidujících se nebo hyroskopických materiálů nebo může dojít ke změně

30

35

40

45

50

vlastností v důsledku provádění opakovaných experimentu, např. dlouhodobým, praxi překračujícím přesypáním může dojít k rozmělnění větších částic, takže se sypká hmota při opakovaných simulacích chová jinak, než by se chovala v provozním zařízení. Společnou nevýhodou všech známých simulačních metod je problematická důvěryhodnost přenosu informací ze simulačního zařízení na provozní zařízení, která je závislá na použité metodě a zkušenosti experimentátora a závislost na existenci simulačního zařízení, což je v případě vlastního zařízení nákladné, zatímco při provádění experimentu externími dodavateli hrozí nebezpečí úniku informací.

Také je známa možnost matematického modelování chování sypké hmoty, např. s použitím metod konečných prvku nebo diskretních prvku. Nevýhodou matematického modelování je, že tyto metody nejsou dosud zpracovány na takové úrovni, aby se bez většího rizika dalo navrhnout vyhovující provozní zařízení.

Podstata vynálezu

Uvedené nevýhody řeší způsob a zařízení pro simulaci kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle vynálezu.

Podstatou způsobu při kterém se po vložení sypké hmoty do modelové skříně simuluje kinetika pohybu souboru částic a/nebo samotných částic je, že celkového konečného kinetického stavu se dosahuje jedním z následujících procesu nebo skládáním parciálních vlivu nejméně dvou z následujících procesu, kde jedním z procesu je proces vytváření přechodového stavu napjatosti v sypké hmotě zvyšováním úhlu náklonu modelové skříně vůči vodorovné rovině v prvním směru, a po dosažení přechodového stavu napjatosti plynulými změnami úhlu náklonu v libovolném směru jak v kladném, tak v záporném smyslu o předem zvolený úhel, dalším z procesu je proces vytváření přechodového stavu napjatosti v sypké hmotě zvyšováním úhlu náklonu modelové skříně vůči vodorovné rovině ve druhém směru, a po dosažení přechodového stavu napjatosti plynulými změnami úhlu náklonu jak v kladném, tak v záporném smyslu o předem zvolený úhel, dalším z procesu je proces uvedení systému do přechodového stavu napjatosti nastavením frekvence změn úhlu náklonu modelové skříně na frekvenci toku sypké hmoty a dalším z procesu je proces nejméně jedné modifikace sypké hmoty, který se provádí modelací vazby mezi částicemi ideální sypké hmoty, přičemž v případě provádění dvou a více výše uvedených procesu probíhají alespoň dva procesy současně a/nebo postupně v libovolném pořadí, načež se hodnoty, představující celkový obraz simulace možných kinetických stavu jednotlivých částic i souboru částic a dějů probíhajících v modelové skříně přepočtou na parametry inženýrského díla. Alternativně je podstatou, že se sypká hmota udržuje v přechodovém stavu napjatosti periodickým kolísáním náklonu kolem experimentálně zjištěné střední hodnoty v experimentálně zjištěných mezích. Dle další alternativy je podstatou, že první a/nebo druhý směr úhlu náklonu modelové skříně vůči vodorovné rovině se v průběhu alespoň jednoho z procesu plynule nebo přerušovaně mění. S výhodou sestává sypká hmota minimálně ze dvou druhů částic a sypká hmota se alespoň po část alespoň jednoho z procesu současně vystavuje účinkům vibrace.

Podstatou zařízení, které je tvořeno modelovou skříní obsahující modelovou komoru obklopenou stěnami, ve které se nachází sypká hmota je, že dále obsahuje polohovací zařízení pro náklon modelové skříně v libovolném směru a/nebo rotaci modelové skříně kolem libovolně orientované osy v kladném nebo v záporném smyslu na kterém je modelová skříň upevněna nebo se kterým je modelová skříň v silové vazbě. Alternativně je sypkou hmotou modelová hmota, která je tvořena kulovitými částicemi. Dle další alternativy je modelová skříň dále opatřena nejméně jedním čidlem stavu sypké hmoty, s výhodou tlakovým senzorem a/nebo snímačem zvukového signálu a/nebo snímačem ultrazvukového signálu. Dle výhodné alternativy je alespoň část nejméně jedné stěny modelové skříně průhledná a zařízení dále obsahuje pozorovací jednotku, s výhodou videokameru. Alternativně obsahuje polohovací zařízení nejméně jeden čep a/nebo nejméně jednu hřídel pro otáčení nebo náklon modelové skříně kolem libovolně orientované osy a/nebo nej-

méně jeden kloub pro náklon a/nebo otáčení modelové skříně v libovolném směru a v libovolném úhlu. Dle další alternativy je modelová skříň a/nebo polohovací zařízení opatřeno nejméně jedním vibrátorem.

- 5 Výhodou způsobu podle vynálezu je možnost vyhledávání kritických oblastí při mikro procesech probíhajících v sypkých hmotách s jednotlivými částicemi a zároveň v makro procesech probíhajících se soubory částic a při řešení okrajových podmínek při styku sypké hmoty se stěnou zařízení. Dále možnost optimalizovat požadavky na mechanicko-fyzikální vlastnosti sypké hmoty, aby tyto vyhovovaly stabilizaci procesů a jejich požadovaných rychlostí a vlastností. Podstatnou výhodou je možnost optimalizace volby kontaktních materiálů a výzkum optimálních konstrukčních tvarů inženýrského díla. Výhodou způsobu podle vynálezu je dále jeho komplexnost, možnost stanovení metodiky pro řešení problematiky segregace, degradace, kontinuity toku, klenbování, dynamických vlastností toku a řady dalších jevů. Další výhodou je veliký rozsah simulací s ohledem na potřeby průmyslu, jako jsou například aplikace simulace a využití průběhu tlaků, tlakové špičky, simulace dynamických vlastností toku, lisování, pohybu materiálu při lisování. Další výhodou je možnost optimalizace poloh, tvarů a konstrukčních materiálů použitých na skutečném zařízení na základě simulací provedených na simulačním zařízení, ve vztahu k aktuálním vlastnostem sypké hmoty, se kterou se bude na provozním zařízení pracovat. Výhodou zařízení podle vynálezu je, že se vlastnosti sypké hmoty během simulace projevují proporcionálně, ve fundamentální fyzikální podobě, čímž je umožněno mapování projevů toku. Při použití simulačního materiálu je další výhodou nezávislost na průmyslovém odvětví, ve kterém mají být výsledky využity a na typu skutečně použité sypké hmoty.

- 25 Všeobecně se dá říci, že výhodami provádění simulací dle vynálezu je možnost získat informace o chování partikulární hmoty při procesu jejího průtoku otvorem pro mikro i makro zkoumání systému partikulární hmoty, při průtoku kuzelem, například dnem zásobníku, simulovat vznik různých struktur uspořádání částic hmoty za různých podmínek, studovat vliv proměnlivých vlastností hmoty, zejména tvaru částic, granulometrie, simulace vazeb, atd. Dále lze studovat okrajové podmínky dané tvarem prostoru, v němž se pohyb realizuje, a to jak z hlediska jeho tvaru, tak z hlediska kontaktních materiálů, které tento omezující podprostor tvoří. Simulace je možno rovněž provádět s cílem získat informace o pohybu hmoty v prostředí s různou gravitací nebo s různým zrychlením, atd.

35 Přehled obrázků na výkresech

- Na obrázku 1 je schematicky znázorněno simulační zařízení podle příkladu 1, na obrázku 2 je znázorněn řez modelovou komorou dle příkladu 1. Na obrázku 3 je znázorněno simulační zařízení podle příkladu 2 a na obrázku 4 je znázorněno simulační zařízení podle příkladu 3. Na obrázku 5 je totéž podle příkladu 4 a na obrázku 6 totéž podle příkladu 5 v průřezu. Obrázek 7 znázorňuje závislost výšky statické a dynamické klenby nad výpustným otvorem jako funkci velikosti výpustního otvoru, při konstantním úhlu vnitřního tření pro příklad 1 a obr. 8 představuje závislost výšky statické a dynamické klenby nad výpustným otvorem konstantní velikosti, jako funkci proměnlivé velikosti úhlu vnitřního tření pro příklad 2.

45 Příklady provedení vynálezu

50 Příklad 1

Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle příkladu 1 tvoří polohovací zařízení 4, které sestává z nosné konstrukce 12, ke které je prostřednictvím prvního čepu 8 a prvního hřídele 9 otočně upraven hlavní otočný rám 13. V hlavním otočném rámu 13 je

otočně, prostřednictvím druhého čepu 18 a druhé hřídele 19, upraven pomocný otočný rám 14. První hřídel 9 představuje hřídel prvního pohonu 15 a druhý hřídel 19 představuje hřídel druhého pohonu 25. Osy otáčení obou hřídelí 9, 19 jsou na sebe kolmé. Ke hlavnímu otočnému rámu 13 je připojen první vibrátor 11. Zařízení dále obsahuje modelovou skříň 1, která je rozebíratelně
 5 spojena s pomocným otočným rámem 14. Modelová skříň 1 sestává z čelní stěny 6, zadní stěny 16, které jsou průhledné a vzájemně rovnoběžné a z bočních stěn 26, jejichž šířka určuje vzdálenost mezi čelní stěnou 6 a zadní stěnou 16. K čelní stěně 6 modelové komory 1 je připevněn druhý vibrátor 21. Na vnitřních plochách bočních stěn 26 se nacházejí čidla 5 stavu sypké hmoty, v tomto případě tlakové senzory.

10 Stěny 6, 16, 26 modelové skříně 1 vymezují modelovou komoru 2, ve které se nachází sypká hmota 3, tvořená kulovitými částicemi z modelového materiálu. Profil modelové komory 2 je ve střední části zúžen přepážkami 22 vymezujícími otvor tvaru štěrbin o obdélníkovém průřezu. K pomocnému otočnému rámu 14 je dále pomocí vzpěr 20 upevněna pozorovací jednotka 7, představovaná videokamerou. Polohovací zařízení 4 umožňuje náklon modelové skříně 1 v libovolném směru a/nebo rotaci modelové skříně 1 kolem libovolně orientované osy v kladném i v
 15 záporném smyslu, přičemž se sypká hmota 3 přemísťuje v modelové komoře 2 a její pohyb je díky přepážkám 22 ovlivněn zúženým profilem. Rozměry modelové skříně 1, včetně tvaru a velikosti přepážek 22 se volí s ohledem na cíl výzkumu.

20 Způsob podle příkladu 1 se provádí tak, že se do vodorovné orientované modelové skříně 1 vloží zkoumaná sypká hmota 3, v tomto případě kuličky, které mají konstantní úhel vnitřního tření. Modelová skříň 1 se následně naklápí zvyšováním úhlu jejího náklonu ve směru, který je kolmý na podélnou osu otvoru vymezeného přepážkami 22, a to až do dosažení úhlu náklonu 34° , kdy
 25 dojde k silové rovnováze, v jejímž důsledku dochází k rovnoměrnému pohybu sypké hmoty 3 v modelové skříně 1. Úhel náklonu modelové skříně 1 se dále plynule mění v rozsahu $\pm 5^\circ$, s cílem vytvoření stabilizované polohy statické i dynamické klenby. Poté se z modelového zařízení odečtou geometrické hodnoty polohy dynamické a statické klenby. Výše popsané měření se opakovaně provádí pro různé velikosti výpustného otvoru, tedy pro různou šířku štěrbin mezi přepážkami 22. Naměřené hodnoty se vynesou do grafu závislosti výšky statické a dynamické klenby nad výpustným otvorem, osa y na obr. 7, na velikosti výpustného otvoru, osa x na obrázku 7, při konstantním úhlu vnitřního tření. Dále se počátkem souřadnicového systému a experimentálně zjištěnými výškami statické i dynamické klenby proloží přímky, čímž se získá průběh 34 závislosti výšky statické klenby na šířce štěrbin a průběh 35 závislosti výšky dynamické klenby na
 30 šířce štěrbin, který platí za předpokladu, že úhel vnitřního tření je konstantní. Výšky statické i dynamické klenby se pro jiné šířky štěrbin, pro které se neprovádělo měření, odečítají z tohoto grafu. Geometrické parametry statické i dynamické klenby jsou závislé na geometrických rozměrech inženýrského díla a tím i na měřítku modelu, proto se hodnoty pro skutečné dílo zjistí z experimentálních hodnot přepočtem.

Příklad 2

45 Zařízení podle příkladu 2 se od zařízení popsaného v příkladu 1 liší tím, že přepážky 22, které se nacházejí uvnitř modelové skříně 1 vymezují délku otvoru tvaru štěrbin, jejíž šířka je určena vzájemnou vzdáleností stěn 6, 16 modelové skříně 1 a dále tím, že polohovací zařízení 4, kterým je modelová skříň 1 spojena s nosnou konstrukcí 12 sestává z nátrubku 23, který je možno pomocí prvního pohonu 15 sklonit vůči nosné konstrukci 12 z druhé hřídele 19, kterou je možno pomocí druhého pohonu 25 souose otáčet v nátrubku 23 a ze třetího pohonu 24, jehož pomocí je
 50 možno naklápět modelovou skříň 1 vůči ose druhého hřídele 19. První pohon 15 je spojen s nosnou konstrukcí 12 a je prostřednictvím první hřídele 9 spojen s prvním koncem nátrubku 23, přičemž osa prvního hřídele 9 je kolmá na osu nátrubku 23. Druhý konec nátrubku 23 je opatřen druhým pohonem 25 s druhým hřídelem 19, přičemž osy nátrubku 23 a druhého hřídele 19 jsou

shodné. Na konci druhého hřídele 19, který je protilehlý vůči nátrubku 23, se nachází třetí pohon 24, spojený pomocí třetí hřídele 27 s modelovou skříní 1, přičemž osa třetí hřídele 27 je kolmá k ose druhé hřídele 19.

5 Do modelové skříně 1 podle příkladu 2 se vloží cement, představující zkoumanou sypkou hmotu 3. U cementu lze modelovat situace, kdy částice sypké hmoty nemají konstantní úhel vnitřního tření, neboť úhel vnitřního tření u cementu závisí jak na výšce vrstvy, a to i v případě, že je výška vrstvy simulována závažím, tak např. na obsahu nasorbované vlhkosti, neboť cement je hydro-
 10 skopický a ve vlhkém prostředí mění časem své vlastnosti. Modelová skřín 1 se ve vodorovné poloze naplní zkoumaným cementem a z této polohy se postupně naklápí zvyšováním úhlu náklonu v prvním směru, který je kolmý na podélnou osu otvoru vymezeného přepážkami 22, a to až do dosažení úhlu 34° , při kterém dochází k rovnoměrnému pohybu sypké hmoty v modelové skřín 1 pro první směr, načež se dále úhel sklonu modelové skříně 1 v prvním směru plynule mění
 15 v rozsahu $\pm 5^\circ$ s cílem vytvoření stabilizované polohy statické i dynamické klenby. Poté se modelová skřín 1 dále postupně naklápí zvyšováním úhlu náklonu ve druhém směru, který je kolmý na první směr, a to až do dosažení úhlu 28° , kdy dojde k silové rovnováze pro kombinaci účinku náklonu v prvním a ve druhém směru náklonu, při kterém dochází k přechodu rovinného stavu napjatosti na prostorový stav napjatosti, což se díky nekonstantnosti úhlu vnitřního tření projeví
 20 změnou polohy statické i dynamické klenby v modelové skřín 1. Úhel sklonu modelové skříně 1 se dále plynule mění ve druhém směru náklonu v rozsahu $\pm 4^\circ$, a to za účelem stabilizace silové rovnováhy. Uvedený experiment se opakuje pro různé výšky sypké hmoty nad šterbinou, čímž dochází ke změnám hodnoty úhlu vnitřního tření. Větší výšky se mohou simulovat použitím zátěže, umístěné nad sypkou hmotou. Naměřené hodnoty pro jednu konkrétní šterbinu jsou
 25 příkladně vyneseny do grafu na obr. 8, kde osa x představuje úhel vnitřního tření a osa y výšku statické nebo dynamické klenby. Naměřené hodnoty, vynesené do grafu, se spojí extrapoláčnickými křivkami, čímž se získá závislost 36 výšky statické klenby, na úhlu vnitřního tření a závislost 37 výšky dynamické klenby na úhlu vnitřního tření. Z grafu pro jednotlivé velikosti výpustného otvoru lze odečítat výšky jak statické tak dynamické klenby, jako závislost na úhlu vnitřního tření pro jeho konkrétní velikost. Spojením grafu pro různé velikosti výpustného otvoru lze ode-
 30 čítat výšku statické nebo dynamické klenby pro konkrétní velikost výpustného otvoru a konkrétní velikost vnitřního tření. Geometrické parametry statické i dynamické klenby jsou závislé na geometrických rozměrech inženýrského díla a tím i na měřítku modelu, dále na úhlu vnitřního tření a na jeho změnách.

35

Příklad 3

Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle příkladu 3 se od příkla-
 40 du 2 liší tím, že polohovací zařízení 4, kterým je modelová skřín 1 spojena s nosnou konstrukcí 12 je tvořeno kloubem 10, který umožňuje náklon v prostorovém úhlu. A dále tím, že se uvnitř modelové skříně nenacházejí žádné další přepážky. Protilehle vůči horní hraně modelové skříně 1 je umístěn permanentní magnet 28, který je možno pomocí neznázorněného mechanismu v prostoru přemisťovat a natáčet, přičemž se modelová komora 1 otáčí nebo naklání kolem osy procházející středem kloubu 10. Způsob dle příkladu 3 se liší od způsobu podle příkladu 1 tím,
 45 že sypkou hmotou jsou částice suchého písku, které se před vložením do modelové skříně zvlhčí definovaným množstvím vody, čímž dojde k modelování vazeb mezi částicemi písku. Opakováním měření pro písek s různým množstvím dodané vody lze sledovat závislost výšky statické i dynamické klenby na síle vazby mezi částicemi.

Příklad 4

Příklad 4 se od příkladu 1 liší tím, že zařízení je určeno ke sledování chování feromagnetického prášku. Modelová skříň 1 je proto doplněna o permanentní magnety 29, 30. První permanentní magnet 29 je umístěn podél horní hrany modelové skříně 1, zatímco druhý permanentní magnet 30 se umístěn podél levé boční stěny 26.

Příklad 5

Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle příkladu 5 se od příkladu 1 liší tím, že modelová komora 1 je se základem 12 v silové vazbě. Modelová skříň 1 je umístěna v kulovitém tělese 31, které se natáčí podle libovolné osy v závislosti na směru a síle magnetického pole mezi prvními, případně permanentními magnety 32, umístěnými uvnitř kulovitého tělesa 31 a druhými magnety 33, příkladně elektromagnety, spojenými se základem 12, jejichž cívky obklopují kulovité těleso 31. Sypkou hmotou dle tohoto příkladu je elektrostaticky nabitý prášek na praní. Změnou velikosti směru toku proudu, procházejícího cívkami elektromagnetu 33 lze nastavovat náklon modelové komory 1 nebo jeho změny.

Průmyslová využitelnost

Vynálezu je možno využít při podpoře předprojektové přípravy, zpracovávání projektu i optimalizaci konstrukčního řešení. Zařízení podle vynálezu je možné využít při výzkumu a vývoji nových inženýrských řešení v oblasti procesních zařízení, dopravníku, skladovacích zařízení, laboratorních zařízení, atd., pro optimalizaci inženýrského díla, kdy se hledají optimální kontaktní konstrukční materiály a optimální tvary navržených konstrukcí pro zabezpečení kontinuity a požadované rychlosti procesu. Simulací podmínek a stavu na zařízení podle vynálezu jsou zjišťovány tendence k segregaci, k degradaci a k jiným negativním jevům.

Prováděním způsobu podle vynálezu lze získat informace o chování sypké hmoty při procesu jejího průtoku otvorem v mikro i v makro měřítku, např. zkoumání chování sypké hmoty při průtoku kuželem nebo dnem zásobníku. Rovněž lze simulovat vznik různých struktur uspořádání částic hmoty za různých podmínek, zkoumat vliv měnitelných vlastností hmoty, například tvaru částic, granulometrie, simulace vazeb, a dále okrajových podmínek daných tvarem prostoru, v němž se pohyb realizuje, a to z hlediska jeho tvaru nebo z hlediska, kontaktních materiálů, které tento prostor vymezují. Simulace je možno dále provádět s cílem získat informace o pohybu hmoty v prostředích s různou gravitací, s různým zrychlením, atd.

PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty, kdy se po vložení sypké hmoty do modelové skříně simuluje kinetika pohybu souboru částic a/nebo samotných částic, **v y z n a - č u j í c í s e t í m**, že při průchodu sypké hmoty modelovou skříní se celkového konečného kinetického stavu dosahuje jedním z následujících procesů nebo skládáním parciálních vlivů nejméně dvou z následujících procesů, kde jedním z procesů je proces vytváření přechodového stavu napjatosti v sypké hmotě zvyšováním úhlu náklonu modelové skříně vůči vodorovné rovině v nejméně jednom libovolném směru, dalším z procesů je proces uvedení systému do přechodového stavu napjatosti nastavením frekvence změn úhlu náklonu modelové skříně na frekvenci

toku sypké hmoty a dalším z procesů je proces nejméně jedné modifikace sypké hmoty, který se provádí modelací vazby mezi částicemi ideální sypké hmoty, přičemž v případě provádění dvou a více výše uvedených procesů probíhají alespoň dva procesy současně a/nebo postupně v libovolném pořadí.

5

2. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že se po dosažení přechodného stavu napjatosti sypká hmota udržuje v přechodovém stavu napjatosti periodickým kolísáním náklonu kolem experimentálně zjištěné střední hodnoty v experimentálně zjištěných mezích.

10

3. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 1 nebo 2, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že směr úhlu náklonu modelové skříně vůči vodorovné rovině se v průběhu alespoň jednoho z procesu plynule nebo přerušovaně mění.

15

4. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že se provádí se sypkou hmotou, která sestává minimálně ze dvou druhů částic.

5. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 1 nebo 4, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že se provádí se sypkou hmotou tvořenou kulovitými částicemi.

20

6. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že se sypká hmota alespoň po část alespoň jednoho z procesu současně vystavuje účinkům vibrace a/nebo účinkům silového pole.

25

7. Způsob simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 1, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že se hodnoty, představující celkový obraz simulace možných kinetických stavů jednotlivých částic i souboru částic a dějů probíhajících v modelové skříně přepočtou na parametry inženýrského díla, kdy hodnoty vynesené do grafu, se spojí extrapoláčními křivkami, čímž je získána závislost výšky statické klenby na úhlu vnitřního tření a závislost výšky dynamické klenby na úhlu vnitřního tření.

30

8. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty tvořené modelovou skříní (1) obsahující modelovou komoru (2), obklopenou stěnami (6, 16, 26) modelové skříně (1), ve které se nachází sypká hmota (3), **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že dále obsahuje polo-

35

hovací zařízení (4) pro náklon modelové skříně (1) v libovolném směru a/nebo rotaci modelové skříně (1) kolem libovolné orientované osy v kladném nebo v záporném smyslu, na kterém je modelová skřín (1) upravena nebo se kterou je modelová skřín (1) v silové vazbě.

9. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 8, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že uvnitř modelové komory (2) se dále nachází přepážka (22).

40

10. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 8, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že sypkou hmotou (3) je modelová hmota, která je tvořena kulovitými částicemi.

45

11. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 8, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že modelová skřín (1) je dále opatřena nejméně jedním čidlem (5) stavu sypké hmoty (3), s výhodou tlakovým senzorem a/nebo snímačem zvukového signálu a/nebo snímačem ultrazvukového signálu.

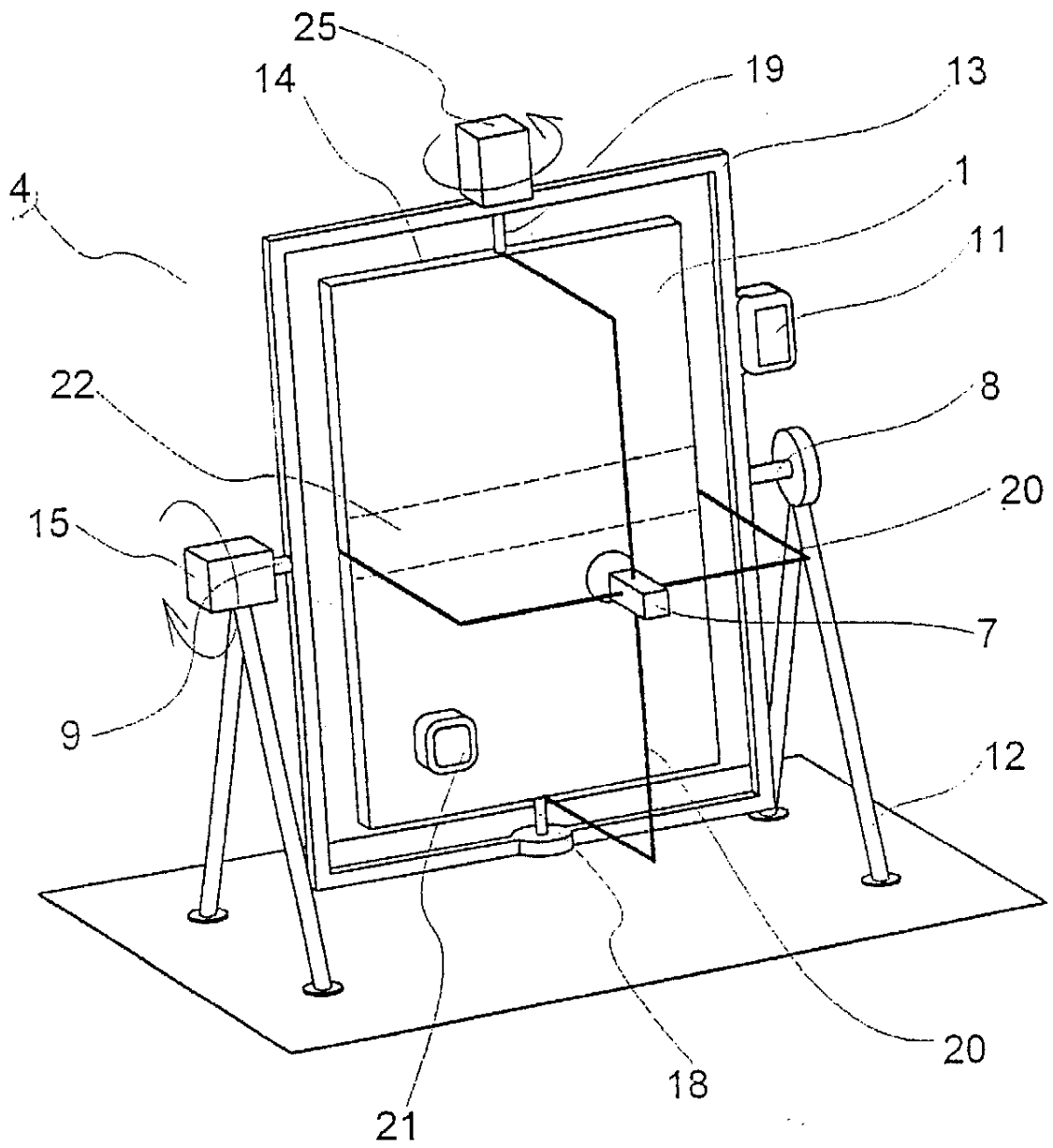
50

12. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 8, **v y z n a č u j í c í s e t í m**, že alespoň část stěny (6, 16, 26) modelové skříně (1) je průhledná.

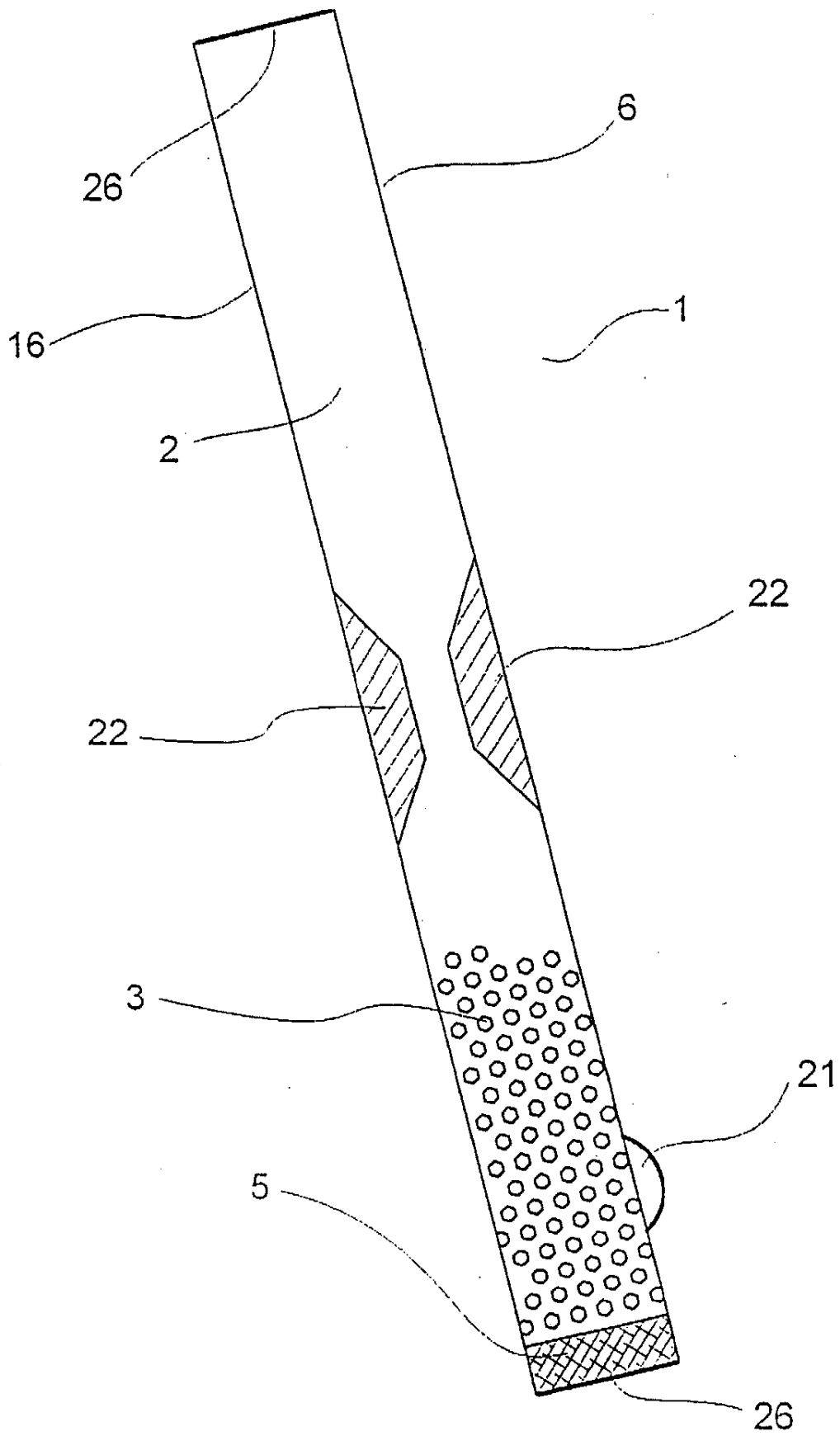
13. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 12, **v y z - n a č u j í c í s e t í m**, že dále obsahuje pozorovací jednotku (7), s výhodou videokameru.
- 5 14. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 9, **v y z - n a č u j í c í s e t í m**, že polohovací zařízení (4) obsahuje nejméně jeden čep (8, 18) a/nebo nejméně jednu hřídel (9, 19) pro otáčení nebo náklon modelové skříně (1) kolem libovolné orientované osy a/nebo nejméně jeden kloub (10) pro náklon a/nebo otáčení modelové skříně (1) v libovolném směru a v libovolném úhlu.
- 10 15. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 9, **v y z - n a č u j í c í s e t í m**, že modelová skříň (1) a/nebo polohovací zařízení (4) je opatřeno nejméně jedním vibrátorem (11, 21).
- 15 16. Zařízení k provádění simulace kinetiky pohybu částic sypké hmoty podle nároku 9, **v y z - n a č u j í c í s e t í m**, že polohovací zařízení (4) sestává z kulovitého tělesa (31), opatřeného prvními magnety (32), kde kulovité těleso (31) je obklopeno základem (12) obsahujícím druhé magnety (33).

20

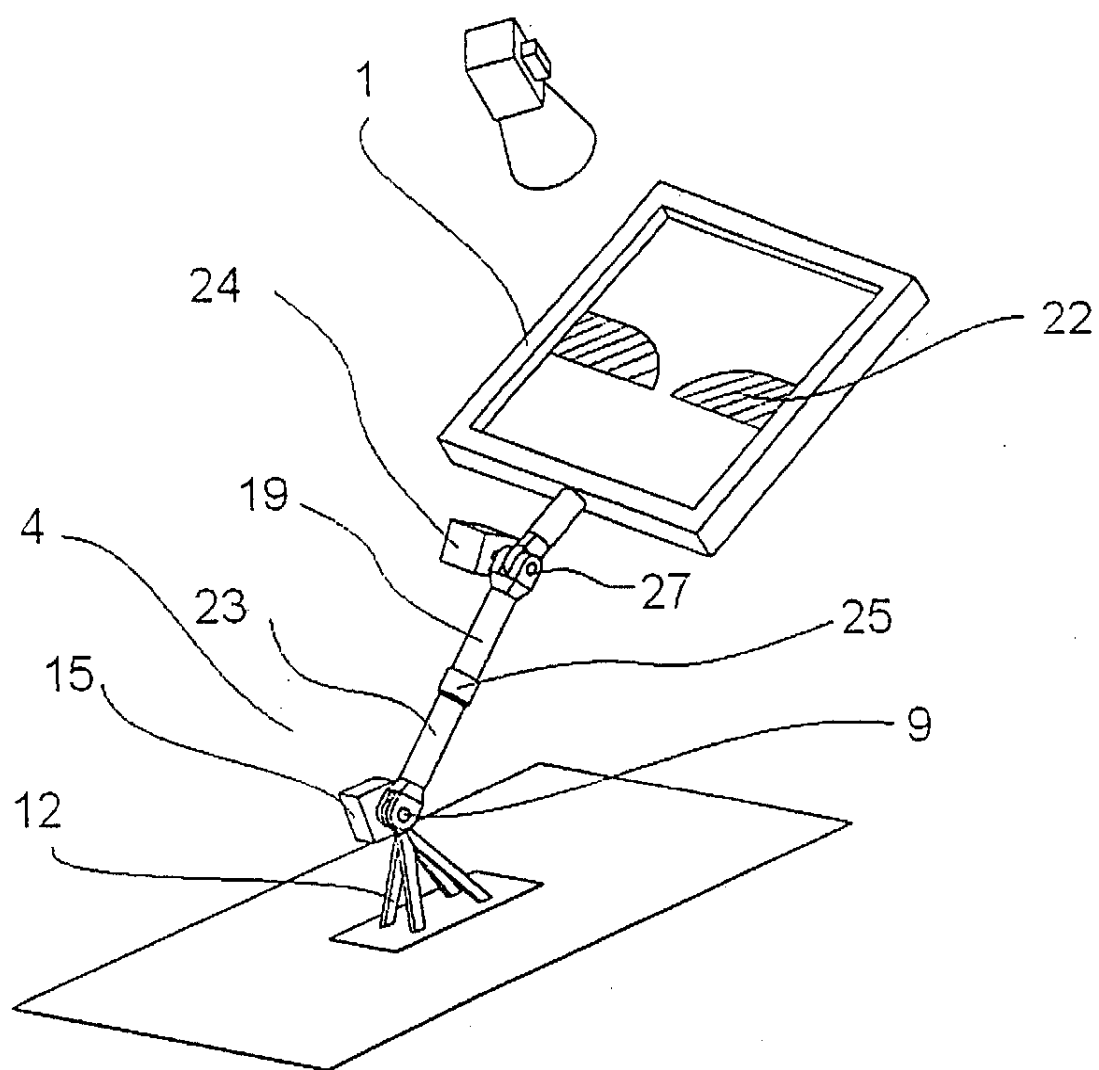
7 výkresů



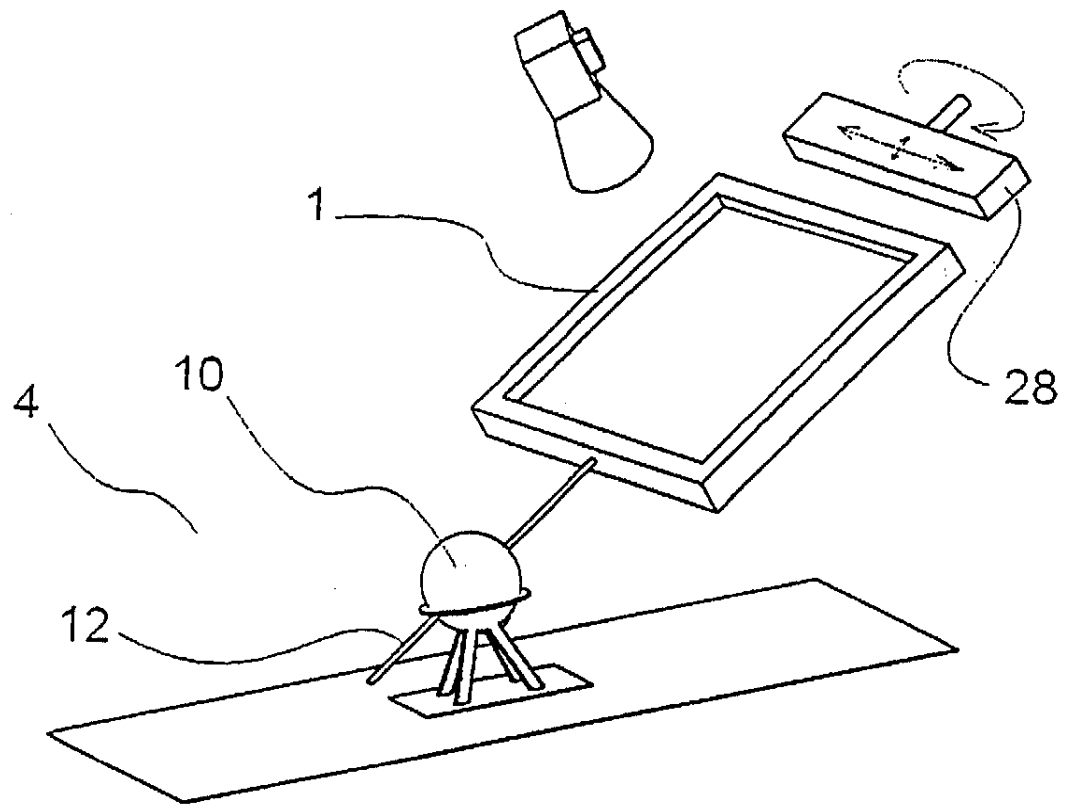
Obr. 1



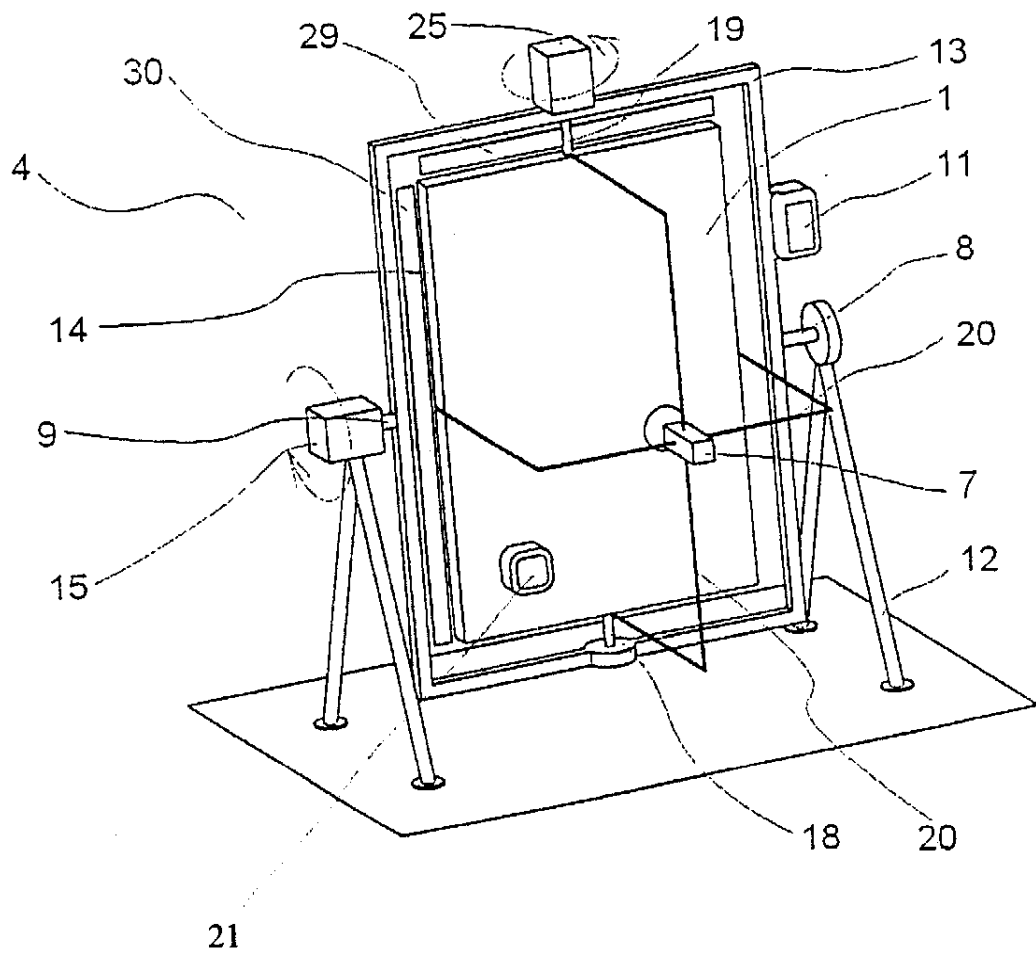
Obr. 2



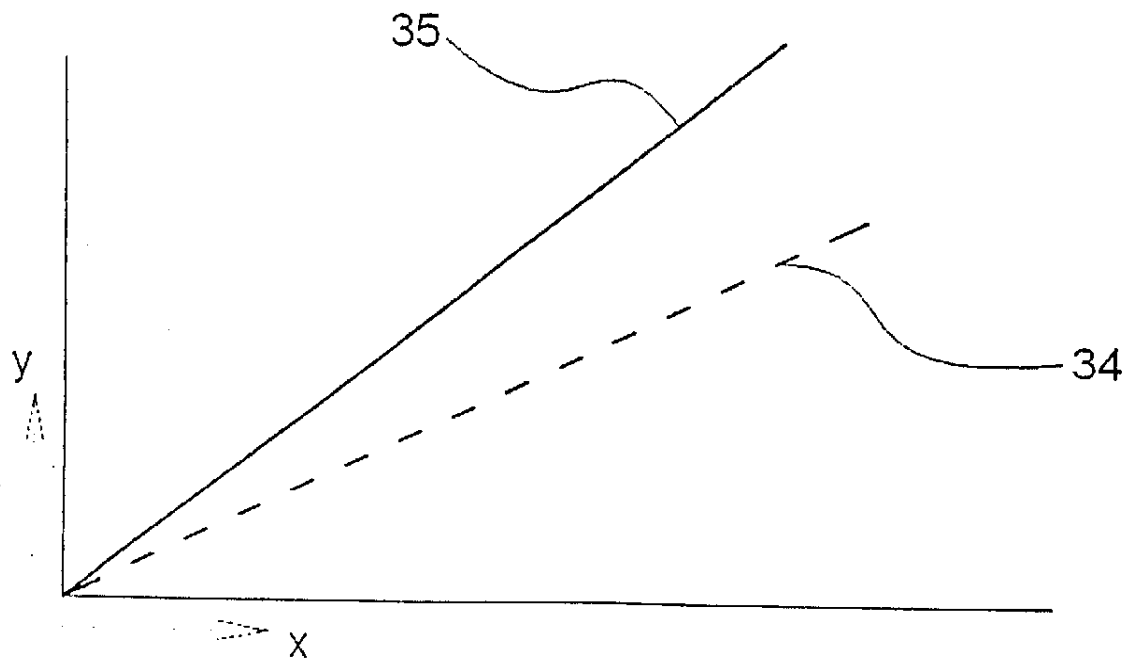
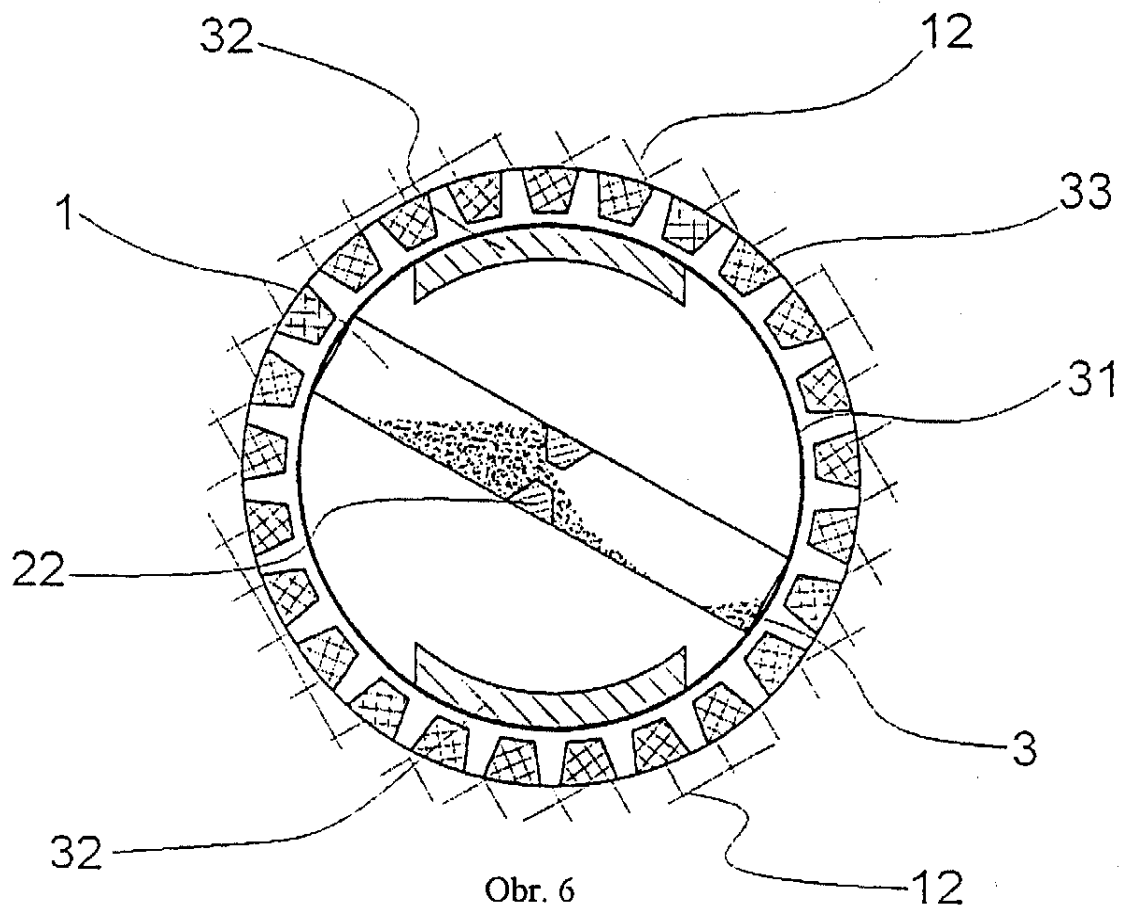
Obr. 3

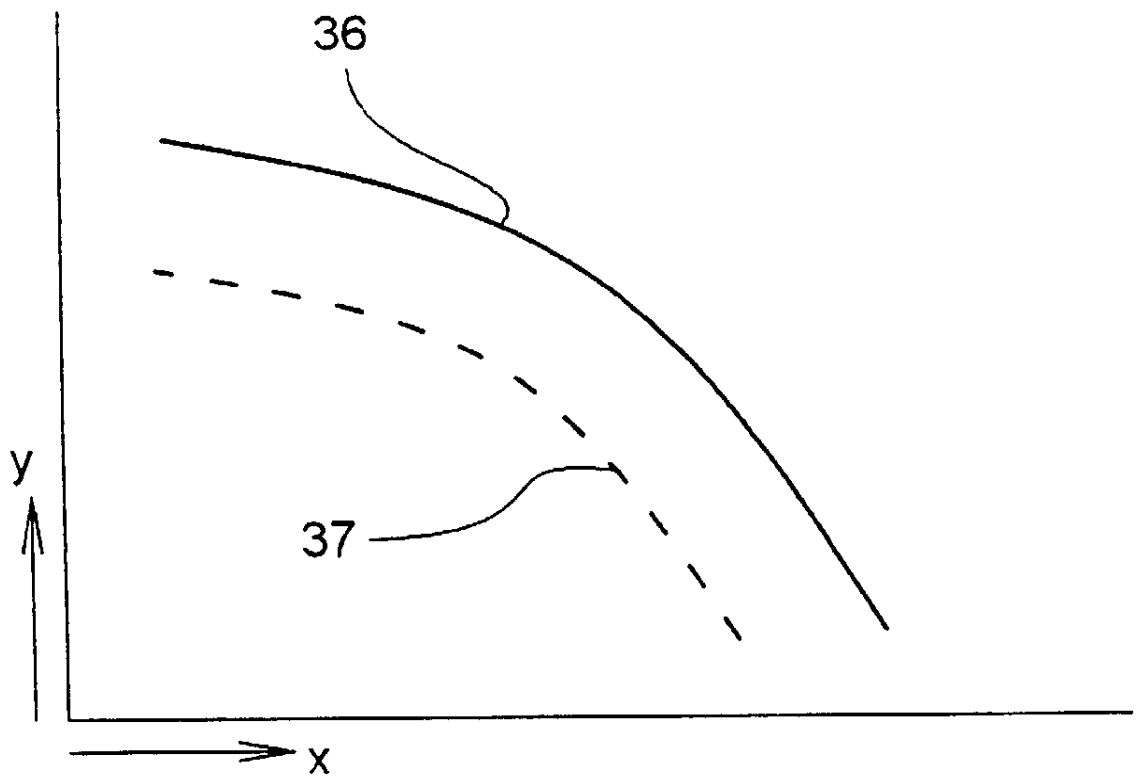


Obr. 4



Obr. 5





Obr. 8

Konec dokumentu