

RZECZPOSPOLITA  
POLSKA



Urząd Patentowy  
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY**

(19) **PL**

(11) **237353**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **428974**

(22) Data zgłoszenia: **19.02.2019**

(51) Int. Cl.

**G01G 11/00 (2006.01)**

**G01G 13/06 (2006.01)**

**G01G 13/16 (2006.01)**

**G01G 13/24 (2006.01)**

**G01G 13/285 (2006.01)**

(54) **Sposób odważania sproszkowanych substancji sypkich metodą traconej wagi  
i urządzenie do odważania sproszkowanych substancji sypkich metodą traconej wagi**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:  
**24.08.2020 BUP 18/20**

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:  
**06.04.2021 WUP 07/21**

(73) Uprawniony z patentu:

**IPRO SPÓŁKA Z OGRANICZONĄ  
ODPOWIEDZIALNOŚCIĄ, Gniezno, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:

**MARCIN KEMPKA, Poznań, PL**

(74) Pełnomocnik:

**rzec. pat. Krzysztof Sych**

**PL 237353 B1**

## Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób odważania sproszkowanej substancji sypkich metodą traconej wagi i urządzenie do odważania sproszkowanej substancji sypkich metodą traconej wagi. Wynalazek ma zastosowanie przy odważaniu mikro porcji precyzyjnie odważanych dla potrzeb przemysłowego zastosowania w branży przede wszystkim farmaceutycznej, chemicznej, spożywczej, itp.

Z powszechnej wiadomości znane są zarówno urządzenia, jak i metody do odważania, w których pewność odważonej porcji wynika z pomiaru wagi zasobnika, z którego porcję upuszczono. Potrzebą nie jest bowiem odważanie jako czynność, natomiast jest nią odważanie ciągłe i szybkie zarazem, podczas którego uzyskuje się mikro dawki substancji sypkiej, z dużą dokładnością mierzoną w jednostkach mniejszych niż 1 g.

Jak do tej pory najczęściej spotyka się odważanie metodami mechanicznymi opartymi na ślimakowym przepychaniu substancji, bądź poprzez elektromagnetyczne wzbudzenie wibracji, z pomocą której naruszana jest przyzma, bądź innego rodzaju złoża sypkiego materiału. Podajniki ślimakowe blokują się z powodu zbyt znikomych przekrojów, które muszą być stosowane dla uzyskania mikro dawek, co powoduje zanieczyszczenie materiału docelowego. Dozowanie metodą wibracyjną za pomocą podajników elektromagnetycznych nie zapewnia z kolei uzyskania mikro dawek w ogóle, ponieważ wzbudzenie odpowiedniej amplitudy drgań rzędu kilku milimetrów tą właśnie metodą, zakłóca działanie kluczowego elementu układu pomiarowego, czyli tensometru o wysokiej czułości, który to dopiero mikro dawkę ma możliwość odważyć – wynikowo całość układu pierwszego rodzaju bądź drugiego rodzaju nie funkcjonuje poprawnie.

Przykładowe rozwiązania ujawnione są także jako zgłoszenia bądź patenty dotyczące wynalazków, z których dokument zgłoszenia polskiego o numerze P.310730 przedstawia dozownik grawitacyjny, który na zewnętrznej stronie przepustnicy ma zamontowany wibrator wytwarzający drgania w zakresie od 30Hz do 700Hz. Znany dozownik stanowi część składową maszyn i urządzeń pakujących, dozujących itp.

Z patentu polskiego o numerze Pat. 184456 znany jest sposób i urządzenie do dozowania określonej ilości sproszkowanej substancji. W skład dozownika wchodzi: człon korpusu tworzący komorę dozowania i nieprzerwana droga dopływu prowadząca do komory dozowania posiadającej wlot, przy czym droga dopływu jest obrotowa wokół osi pochylonej względem pionu, w wyniku czego przynajmniej część drogi dopływu jest pochylona w dół w położeniu napełniania i w górę w położeniu opróżniania. Dlatego droga dopływu podczas pracy prowadzi grawitacyjnie wytworzony przepływ sproszkowanej substancji do komory dozowania w położeniu napełniania i tworzy grawitacyjne zamknięcie wlotu, które zapobiega wpływowi sproszkowanej substancji do komory dozowania w położeniu opróżniania. W skład dozownika wchodzi także droga wypływu prowadząca z komory dozowania posiadającej wylot, przy czym droga wypływu zawiera środki, które zapobiegają wypływowi sproszkowanej substancji z komory dozowania w położeniu napełniania, lecz umożliwiają wypływ sproszkowanej substancji z komory dozowania w położeniu opróżniania. W skład dozownika wchodzi także zbiornik połączony z drogą dopływu w taki sposób, że podczas pracy obraca się, gdy zawiera sproszkowaną substancję – obracanie to powoduje ruch substancji na wlocie, w wyniku czego umożliwia przepływ tej substancji do komory dozowania. Jak wskazano, rozwiązanie bazuje na grawitacyjnym przepływie proszku, co niestety nie zapewnia precyzji takiego dozowania, a przynajmniej precyzja jest niewystarczająca do zastosowań laboratoryjnych, czyli takich, gdzie dokładność winna być rzędu niższego niż 1 g.

Z innego patentu polskiego o numerze Pat. 189760 znany jest przenośnik łańcuchowy służący do grawimetrycznego pomiaru lub dozowania, szczególnie materiałów sypkich. Między jego otworami, wlotowym i wylotowym jest umieszczony przynajmniej jeden odcinek pomiarowy w formie pomostu pomiarowego, podpartego na przynajmniej jednym urządzeniu do pomiaru siły. Łańcuch transportowy jest prowadzony wzdłuż pomostu pomiarowego na przymocowanych do niego po bokach elementach prowadzących, wykonanych w postaci szyn o krzyżowym przekroju poprzecznym. Część pomostu pomiarowego jest zainstalowana za pomocą giętkich elementów pośrednich, aby skompensować siłę, wywieraną przez łańcuch na urządzenie do pomiaru siły, a urządzenie to jest umieszczone mimo wszystko w pewnej odległości od elementów pośrednich.

Kolejne znane urządzenie dla zwiększenia dokładności pomiaru dozowania ciągłego ujawnione zostało w patencie polskim o numerze Pat. 206814. Znany grawimetryczny dozownik materiałów sypkich, zwłaszcza paliw pyłowych, ma umieszczone w jednakowej osi, jeden nad drugim, dwa wirniki do-

zujące, posiadające wzajemnie przestawione otwory pośrednie i opróżniające. Zasada pracy urządzenia opiera się na kaskadowym, co raz to bardziej precyzyjnym, odmierzaniu dawki opadającej przez oba wirniki mające pewną znaną regułę zazębiania się cel, przez które substancja sypka przemieszcza się.

Dalszy przykład już znanej konstrukcji to patent polski o numerze Pat. 204852. Celem znanego rozwiązania było uzyskanie zwartej konstrukcji urządzenia do ciągłego, grawimetrycznego dozowania i pneumatycznego transportu materiału sypkiego. Ujawniono, że materiał sypki jest prowadzony na odcinku pomiarowym za pomocą szczelnie umieszczonej w obudowie rury dozującej, zaopatrzonej w sekcje przenośnikowe, przy czym obudowa posiada stanowisko załadunku materiału sypkiego i stanowisko opróżniania z przyłączami do dopływów/odpływów pneumatycznego układu transportowego. Obudowa jest także połączona z urządzeniem do pomiaru siły, za pomocą którego ustalane jest obciążenie chwilowe, wywierane na rurę dozującą przez przenoszony materiał. Dopływ i odpływ pneumatycznego układu transportowego przyłączony jest do powierzchni dolnej obudowy, jednak zmiana kierunku przepływu transportowania od dopływu do odpływu jest umieszczona wewnątrz górnego obszaru obudowy. Wydaje się, że owo rozwiązanie wprowadzające przepływ w zmiennych kierunkach przynajmniej sprawia niepewność co do precyzji dozowania.

Znany już kolejny patent polski o numerze Pat. 207330 dotyczący ciągłego dozowania grawimetrycznego i określania przepływu masowego materiałów płynnych to konstrukcja z urządzeniem dozującym określającym chwilowy przepływ masowy przed stanowiskiem odbioru, gdzie o wypływie decyduje przystawka sterująca dozowaniem. Co do zasady sterowanie wypływem następuje poprzez zmianę prędkości obrotowej urządzenia napędowego urządzenia dozującego, a to dzięki sterownikowi silnika. Sednem znanego rozwiązania jest urządzenie sterujące dozowaniem i urządzenie sterujące silnikiem, które mechanicznie połączone są w jednym podzespolu.

Celem rozwiązania według wynalazku jest to, aby dozowanie następowało z największą możliwą precyzją rzędu 1 mg, przy zapewnieniu przy tym jak najszybszego odważania zadanej porcji, co do tej pory nie było procesem powtarzalnym przy tak wskazanej precyzji. Celem jest także zestawienie konstrukcji urządzenia, które z zasady winno być nieskomplikowane, a jednocześnie nastawialne w zakresie precyzji wagi porcji odważanej substancji, czasu odważania porcji, no i gramatury odważanej porcji w zakresie od 1 mg nawet do 1 kg.

Urządzenie do odważania sproszkowanej substancji sypkiej metodą traconej wagi, według wynalazku, zawiera układ sterowania i dozownik z przepustnicą substancji sypkiej, który to zawieszony jest na urządzeniu tensometrycznym stanowiąc wraz z nim urządzenie grawimetryczne określające chwilowy przepływ masowy substancji sypkiej jeszcze przed stanowiskiem odbioru porcji tej substancji. Dozownik na zewnętrznej stronie swej przepustnicy ma zamontowany wibrator wytwarzający drgania dozownika. O wypływie substancji sypkiej decyduje układ sterowania i przystawka sterująca wibratorem, natomiast urządzenie tensometryczne to urządzenie pomiarowe do pomiaru siły nacisku, za pomocą którego ustalane jest obciążenie chwilowe opisanego układu elementów dozownika wraz z przenoszonym materiałem. Dozownik korzystnie jest umieszczony pod zbiornikiem substancji sypkiej. Rozwiązanie charakteryzuje się tym, że przystawką jest generator prądowy połączony poprzez element piezoelektryczny z wibratorem stanowiącym lity pręt będący łącznikiem umieszczonym wzdłużnie i ściśle za elementem piezoelektrycznym aż do przepustnicy, z którą pręt jest trwale i korzystnie rozłącznie połączony na przedłużeniu głównej osi wysypu substancji sypkiej. Przepustnica zakończona jest perlatozem o oczkach mających przekątną z zakresu od 10  $\mu\text{m}$  do 1000  $\mu\text{m}$ , a generator prądowy sprzężony przez element piezoelektryczny z prętem, jest pośrednio wysokoczęstotliwościowym generatorem drgań pręta, a poprzez pręt także dozownika grawimetrycznego, gdzie częstotliwość ich drgań przybiera wartość z zakresu od 15 kHz do 45 kHz.

Korzystnie generator prądowy jest generatorem prądu zmiennego o napięciu wejściowym z zakresu od 90 V do 260 V.

Korzystnie rozłączne połączenie pręta z przepustnicą jest połączeniem gwintowanym.

Korzystnie urządzenie do pomiaru siły nacisku w rodzaju tensometru połączone jest poprzez element tłumiący z dozownikiem, najlepiej złączem skręcany.

Korzystnie perlator jest sitem nierdzewnym, najlepiej mocowanym do przepustnicy połączeniem adhezyjnym.

Korzystnie dozownik jest w swej górnej części wykonany w postaci leja zasypowego połączonego u ujścia z dolną częścią wykonaną w postaci rurowatej przepustnicy.

Korzystnie przepustnica jest przynajmniej fragmentarycznie łukowata, najlepiej o kątowym biegu przepustu od kierunku pionowego do bocznie ukośnego, co oznacza zagięcie kątowe o mierze kąta z zakresu od  $90^\circ$  do  $135^\circ$ .

Korzystnie zbiornik substancji sypkiej jest osadzony ponad dozownikiem grawimetrycznym, a ujście zbiornika będąc rozdzielone od dozownika znajduje się w świetle wejścia dozownika, najlepiej osiowo w kierunku pionowym.

Korzystnie generator jest generatorem o zmiennej mocy wyjściowej, jednak generowanej niezależnie względem uzyskiwanej częstotliwości drgań elementu piezoelektrycznego, przy czym zmienna moc wyjściowa jest korzystnie skorelowana z amplitudą drgań elementu piezoelektrycznego i jednocześnie lub zamiennie pręta stanowiącego wibrator dozownika.

Sposób odważania sproszkowanej substancji sypkich metodą traconej wagi, według wynalazku, polega na ciągłym transporcie i dozowaniu przez dozownik, porcji substancji sypkiej znajdującej się na odcinku pomiarowym pomiędzy otworem wlotowym a wylotowym dozownika. Dozownik zawieszony jest na urządzeniu tensometrycznym określającym poprzez pomiar siły na podstawie chwilowego nacisku przepływ masowy substancji sypkiej jeszcze przed stanowiskiem odbioru porcji tej substancji. Wyptyw substancji sypkiej jest prowokowany wibracjami wygenerowanymi za pomocą generatora sprzężonego z wibratorem połączonym z urządzeniem grawimetrycznym, którym jest dozownik połączony z tensometrem. Wibracje mają częstotliwość drgań co najmniej kilkaset Hz, a dozownik zasypuje się substancją sypką korzystnie podawaną z zasobnika. Sposób według wynalazku charakteryzuje się tym, że sprzężenie jest realizowane elementem piezoelektrycznym generującym częstotliwość z zakresu od  $F_{min}=15$  kHz do  $F_{max}=45$  kHz, przy czym prowadzi się etap wstępny, w którym cechuje się dozowanie dozownikiem uzależniając odmierzoną przez tensometr wagę wysypanej w jednostce czasu z dozownika porcji substancji sypkiej, odpowiednio od pobudzenia częstotliwościowego i od generowanej przez generator prądowej mocy, wymuszonymi na dozowniku wibracjami. Dzięki temu etapowi uzyskuje się krzywą owych zależności zapisywaną do modułu pamięciowego układu sterowania, jednak zanim nastąpi na etapie wstępnym proces cechowania, wyszukuje się z zakresu od  $F_{min}$  do  $F_{max}$  przynajmniej jedną częstotliwość rezonansową  $F_r$  pobudzenia układu mechanicznego, czyli dozownika wyposażonego w przepustnicę z perlatozem i wibrator, dla którego to pobudzenia uzyskuje się amplitudę drgań układu w zakresie korzystnie do  $20 \mu\text{m}$ . Po etapie wstępnym przechodzi się do etapu pracy, w którym wykorzystuje się uzyskaną na etapie wstępnym krzywą zależności zapamiętaną w jednostce pamięci układu sterowania dla tegoż procesu i rodzaju substancji sypkiej. W zależności od zadanej nastawy, którą jest naważenie porcji, dobiera się wartość mocy wyjściowej generatora poprzez dobór prądu i napięcia generatora i określa się dla tej mocy czas działania etapu pracy na podstawie przeliczenia zależności wynikających z zapamiętanej krzywej uzyskanej w etapie cechowania przy pomocy tensometru. Kluczowym jest, że etap wstępny i etap pracy prowadzi się dla częstotliwości  $F_r$  z ewentualną odchyłką  $dF$ .

Korzystnie wyszukuje się więcej niż jedną częstotliwość rezonansową  $F_r$  skanując przedział częstotliwości od  $F_{min}$  do  $F_{max}$ , po czym dla tej samej substancji sypkiej prowadzi kilkakrotnie etap wstępny, odpowiednio po jednym dla każdej uzyskanej  $F_r$ , a uzyskane krzywe przeliczeniowe jako krzywe zależności ważonej porcji substancji od mocy wyjściowej generatora i wzbudzenia układu, są zapisywane w jednostce pamięci układu sterowania, z czego przynajmniej jedna z tych krzywych przeliczeniowych i zapisane w układzie sterowania jej zależności, są wykorzystywane w etapie pracy.

Korzystnie wyszukiwanie częstotliwości rezonansowej  $F_r$  prowadzi się przy maksymalnej nastawie mocy wyjściowej generatora.

Korzystnie podczas etapu wstępnego cechowanie dozowania następuje dla całego zakresu mocy wyjściowej generatora.

Korzystnie wyszukuje się i korzystnie stosuje na etapie wstępnym i na etapie pracy taką częstotliwość rezonansową  $F_r$ , skanując cały zakres częstotliwości od  $F_{min}$  do  $F_{max}$ , że dla wyszukanej częstotliwości  $F_r$  uzyskuje się największą wydajność dozowania substancji, czyli najszybsze możliwe uzyskanie zadanej porcji wagowej.

Korzystnie ustala się maksymalną moc wyjściową generatora jako nie większą niż 30 W.

Korzystnie ustala się dopuszczalną odchyłkę  $dF$  jako nie większą niż 2 kHz, a najlepiej nie większą niż 0,2 kHz, od wyszukanej częstotliwości rezonansowej  $F_r$ , dla której ustala się etap wstępny i jednocześnie lub zamiennie etap pracy.

Korzystnie odważanie substancji prowadzi się zamiennie w dwóch trybach, czyli jako tryb ciągły oraz tryb porcjowy.

Korzystnie w trybie porcjowym substancję dozuje się z zasadniczo maksymalną prędkością, czyli przy największej chwilowo obranej mocy wyjściowej generatora, aż do chwili, gdy odważona porcja ma niedobór co najwyżej 10% masy i wówczas spowalnia się odważanie obniżając moc wyjściową generatora do co raz to mniejszej celem uzyskania precyzji dozowania rzędu 1 mg, po czym po stwierdzeniu odważenia 100% porcji odważanie zakańcza się, korzystnie uzupełniając ubytek substancji w dozowniku poprzez napełnianie go substancją z zasobnika jedynie w czasie przerw pomiędzy odważaniem substancji.

Korzystnie w trybie ciągłym substancję dozuje się zasadniczo ze stałą prędkością, dla obranej nastawy, dla której znana jest z etapu wstępnego wydajność odważania w jednostce czasu, a odważanie prowadzi się nieprzerwanie, korzystnie nieustannie uzupełniając ubytek substancji w dozowniku poprzez napełnianie go substancją z zasobnika.

Korzystnie uzupełnienie ubytku substancji sypkiej jest poprzedzone sygnałem sterującym, który wyzwala napełnienie dozownika na podstawie niskiego poziomu nasypu dozownika.

Korzystnie pomiędzy sygnałem wyzwalającym napełnienie, a uzupełnieniem dozownika odmierzanie odbywa się w trybie wolumetrycznym, przy wykorzystaniu krzywych zależności.

Korzystnie pomiaru masy substancji sypkiej dokonuje się poprzez mierzenie ubytku tej substancji z dozownika pomiarem dyskretnym, gdzie próbkowanie prowadzi się z odstępem czasu wynoszącym od 1 ms do 1 s, korzystnie od 10 ms do 100 ms, przy czym najlepiej, gdy ubytek substancji uzupełnia się z zasobnika w czasie przerw pomiędzy pomiarem masy substancji sypkiej.

Korzystnie koryguje się masę odważonej porcji substancji dla zadanych nastaw mocy wyjściowej generatora, najlepiej przynajmniej jeden raz na każde dziesięć pomiarów dyskretnych wykonanych tensometrem, przy czym korekta polega na chwilowym zwiększeniu mocy dla niedoboru odważonej substancji, a na chwilowym zmniejszeniu mocy dla nadmiaru odważonej substancji.

Prócz osiągnięcia zamierzonego celu rozwiązania, jego zaletą także jest, że dozownik grawimetryczny stanowi główną część składową urządzenia pakującego bądź dozującego, dowolnych zasadniczo rozmiarów i wydajności rzędu nawet kilograma na godzinę, przy zachowaniu precyzji odważania porcji wynoszącej 1 mg. Dozownik wraz z przepustnicą i generatorem, osadzony na tensometrze, może być bowiem podłączony do układu sterowania zdalnie, a przy jego nieznacznym rozmiarze przestrzennym, może być stosowany w wielu bardziej złożonych rozwiązaniach. Jest poniekąd urządzeniem samoistnie działającym, nie musi być łączony konstrukcyjnie jako głęboko osadzony element funkcyjny główny innej instalacji. Zaletą jest, że może być wpięty pomiędzy elementy obcego układu konstrukcyjnego, nawet na podmianę innych systemów odważających podobnego przeznaczenia.

Rozwiązanie według wynalazku pokazano w przykładzie wykonania na rysunku, na którym Fig. 1 przedstawia urządzenie w widoku od jednego i od drugiego boku.

#### Przykład pierwszy.

Przykładowe urządzenie 1 do odważania sproszkowanej substancji sypkiej metodą traconej wagi, zawiera układ sterowania 2 i dozownik 3 z przepustnicą 4 substancji sypkiej, który to zawieszony jest na urządzeniu tensometrycznym 5 stanowiąc wraz z nim urządzenie grawimetryczne 6 określające chwilowy przepływ masowy substancji sypkiej jeszcze przed stanowiskiem odbioru porcji tej substancji. Tym razem tensometr osadzony jest na podstawie 15, choć inne wykonania dopuszczają adekwatne inne możliwości. Dozownik 3 na zewnętrznej stronie swej przepustnicy 4 ma zamontowany wibrator 7 wytwarzający drgania dozownika 4. O wypływie substancji sypkiej decyduje układ sterowania 2 i przystawka 8 sterująca wibratorem 7, natomiast urządzenie tensometryczne 5 to urządzenie pomiarowe do pomiaru siły nacisku, za pomocą którego ustalane jest obciążenie chwilowe opisanego układu elementów dozownika 3 wraz z przenoszonym materiałem. Dozownik 3 jest umieszczony pod zbiornikiem 9 substancji sypkiej. Przystawką 8 jest generator prądowy 8' o mocy wyjściowej regulowanej do 400 W, czyli napięciu do 500 V i prądzie wyjściowym do 0,8 A, który to jest połączony poprzez element piezoelektryczny 10 z wibratorem 7 stanowiącym lity pręt 7' będący łącznikiem umieszczonym wzdłużnie i ściśle za elementem piezoelektrycznym 10 aż do przepustnicy 4, z którą pręt 7' jest trwale i rozłącznie połączony na przedłużeniu głównej osi X wysypu substancji sypkiej. Przepustnica 4 zakończona jest perlatozem 11 o oczkach mających przekątną 10 μm, a generator prądowy 8' sprzężony przez element piezoelektryczny 10 z prętem 7', jest pośrednio wysokoczęstotliwościowym generatorem drgań pręta 7', a poprzez pręt 7' także dozownika 3 grawimetrycznego, gdzie częstotliwość ich drgań przybiera wartość z zakresu od 15 kHz do 45 kHz, tym razem 17 kHz. Generator prądowy 8' jest generatorem prądu zmiennego o napięciu wejściowym 110V. Rozłączne połączenie pręta 7' z przepustnicą 4 jest połączeniem gwintowanym. Urządzenie do pomiaru siły nacisku w rodzaju tensometru 5 połączone jest poprzez

element tłumiący 12 z dozownikiem 3, tym razem złączem skręcanym poprzez uszczelkę gumową 12' z gumy miękkiej. Perlator 11 jest sitem nierdzewnym, mocowanym do przepustnicy 4 połączeniem adhezyjnym. Dozownik 3 jest w swej górnej części 3' wykonany w postaci leja zasypowego połączonego u ujścia 13 z dolną częścią 4' wykonaną w postaci rurowatej przepustnicy 4. Przepustnica 4 jest fragmentarycznie łukowata, o kątowym biegu przepustu od kierunku pionowego do bocznie ukośnego, co tym razem oznacza zagięcie kątowe o mierze kąta  $100^\circ$ . Zbiornik 9 substancji sypkiej jest osadzony ponad dozownikiem 3 grawimetrycznym, a ujście zbiornika 9 będąc rozdzielone od dozownika 3 znajduje się w świetle wejścia 14 dozownika 3, osiowo w kierunku pionowym. Generator 8' jest generatorem o zmiennej mocy wyjściowej, jednak generowanej niezależnie względem uzyskiwanej częstotliwości drgań elementu piezoelektrycznego 10, przy czym zmienna moc wyjściowa jest skorelowana z amplitudą drgań elementu piezoelektrycznego 10 i jednocześnie pręta 7' stanowiącego wibrator 7 dozownika 3.

Przykładowy sposób odważania sproszkowanej substancji sypkiej metodą traconej wagi, polega na ciągłym transporcie i dozowaniu przez dozownik 3, porcji substancji sypkiej znajdującej się na odcinku pomiarowym pomiędzy otworem wlotowym 14 a wylotowym 13 dozownika 3. Dozownik 3 zawieszony jest na urządzeniu tensometrycznym 5 określającym poprzez pomiar siły na podstawie chwilowego nacisku przepływ masowy substancji sypkiej jeszcze przed stanowiskiem odbioru porcji tej substancji, którym to jest pierwotnie pusty pojemnik o pojemności 100 ml, podstawiany co 1 min pod wylot 13 przepustnicy 4 dozownika 3. Wyływ substancji sypkiej jest prowokowany wibracjami wygenerowanymi za pomocą generatora 8' sprzężonego z wibratorem 7 połączonym z urządzeniem grawimetrycznym 6, którym jest dozownik 3 połączony z tensometrem 5. Wibracje mają częstotliwość drgań co najmniej kilkaset Hz, jak wspomniano tym razem 17kHz, a dozownik 3 zasypuje się substancją sypką podawaną ze zbiornika 9, którą w tym przypadku jest mikronizowany proszek metaliczny na bazie magnezu. Całość próby została przeprowadzona w środowisku zamkniętym w atmosferze gazu obojętnego – azotu, ze względu na silne właściwości utleniające substancji sypkiej. Sprzężenie jest realizowane elementem piezoelektrycznym 10 generującym częstotliwość z zakresu od  $F_{min}=15$  kHz do  $F_{max}=45$  kHz. Prowadzi się etap wstępny, w którym cechuje się dozowanie dozownikiem 3 uzależniając odmierzoną przez tensometr 5 masę wysypanej w jednostce czasu z dozownika 3 porcji substancji sypkiej, odpowiednio od pobudzenia częstotliwościowego i od generowanej przez generator prądowy 8' mocy, wymuszonymi na dozowniku 3 wibracjami. Dzięki temu etapowi uzyskuje się krzywą owych zależności zapisywaną do modułu pamięciowego układu sterowania 2, jednak zanim nastąpi na etapie wstępnym proces cechowania, wyszukuje się z zakresu od  $F_{min}$  do  $F_{max}$  przynajmniej jedną częstotliwość rezonansową  $F_r$  pobudzenia układu mechanicznego, czyli dozownika 3 wyposażonego w przepustnicę 4 z perlatozem 11 i wibratorem 7. Tym razem stwierdzono, po przeprowadzeniu skanowania w całym wskazanym zakresie, że częstotliwością wystarczającą i jednocześnie optymalną dla wyznaczonego zadania jest częstotliwość  $F_r=17$  kHz, dla której uzyskano pobudzenie drgań układu o amplitudzie  $20 \mu m$ .

Dla takiej częstotliwości  $F_r$  prowadzono dalej proces, czyli etap wstępny omówiony założeniami przed chwilą. Zapisano więc krzywą zależności uzyskując ją poprzez pracę wzbudzonego układu, każdorazowo przez czas 30 s, dla zmiennych nastaw mocy generatora 8', gdzie skok mocy wynosił 1 W począwszy od 1 W do 30 W. Każdorazowo odmierzone zawartość podstawionego pojemnika i przyporządkowano masę substancji do zastosowanej mocy generatora 8' w przeliczeniu na 1 s pracy. Poprzez interpolację uzyskano krzywą nie będącą linią prostą, jednak o wyraźnej tendencji wzrostowej i regularnym przebiegu. Etap wstępny pozwolił uzyskać regułę, którą dla tego konkretnego wykonania elementów mechanicznych i dla tej konkretnej substancji, można uznać za stałą i można taką regułę wykorzystać w przyszłości pobierając krzywą zależności z pamięci układu sterowania 2 na potrzeby prowadzenia etapu pracy.

Po etapie wstępnym rozpoczął się etap pracy. Etap wstępny i etap pracy prowadzono dla częstotliwości  $F_r=17$  kHz z odchyłką  $dF$ , która maksymalnie wynosiła 50 Hz, czyli  $dF=50$  Hz.

Przyjęto, że zadaniem jest odważenie 3,546 g substancji, co oznacza, że taką nastawę w układzie sterowania 2 zadano jako wartość docelową. Dobrano wartość mocy wyjściowej generatora 8' jako 20 W, co oznacza największą chwilową moc generatora 8' używaną na potrzeby niniejszego wykonania, poprzez dobór prądu i napięcia generatora 8' tak, żeby używać zasadniczo jak najmniejszego prądu wyjściowego z generatora 8', co oznacza także dość wysoki poziom bezpieczeństwa, a więc napięcie wyjściowe wynosiło 200 V, a prąd wyjściowy 100 mA. Określono dla tej mocy czas działania etapu pracy na podstawie przeliczenia zależności wynikających z zapamiętanej krzywej uzyskanej w etapie cechowania przy pomocy tensometru 5 i odczytano, że czasem pracy dla uzyskania precyzyjnej masy o wartości 3,546 g jest 13,25 s.

W etapie wstępnym wyszukano również inną częstotliwość rezonansową  $F_r$  skanując przedział częstotliwości od  $F_{min}$  do  $F_{max}$ , gdzie drugą częstotliwością  $F_r$  okazała się być wartość 33 kHz, jednak wzbudzenie układu wynosiło dla niej jedynie 13  $\mu\text{m}$ . Przeprowadzono także dla tej samej substancji sypkiej drugi etap wstępny, czyli były wykonane dwa etapy wstępne, po jednym dla każdej uzyskanej  $F_r$ , jednak uzyskana krzywa przeliczeniowa dla takich samych nastaw mocy od 1 W do 30 W ze skokiem co 1 W okazały się mniej korzystne ze względu na dłuższe odważanie tej samej porcji. Uzyskaną drugą krzywą przeliczeniową jako krzywą nowych zależności ważonej porcji substancji od mocy wyjściowej generatora 8' i wzbudzenia układu zapisywano jednak w jednostce pamięci układu sterowania 2. Jak wspomniano dla etapu pracy wykorzystano krzywą przeliczeniową poprzednio wyznaczoną, czyli dla  $F_r=17\text{kHz}$ .

Wyszukiwanie obu częstotliwości rezonansowych  $F_r$  prowadzono przy maksymalnej nastawie mocy wyjściowej generatora 8', czyli 400W. Podczas etapu wstępnego cechowanie dozowania wykonywano jednak dla ograniczonego zakresu mocy wyjściowej generatora 8', ponieważ jako wspomniano jedynie do 30 W.

Po wyszukaniu przed etapem wstępnym obu częstotliwości rezonansowych  $F_r=17\text{ kHz}$  i  $F_r=33\text{ kHz}$ , zastosowano je na etapie wstępnym, jednak na etapie pracy wybrano taką częstotliwość rezonansową  $F_r$ , skanując cały zakres częstotliwości od  $F_{min}$  do  $F_{max}$ , że dla wyszukanej częstotliwości  $F_r=17\text{ kHz}$  uzyskano większą wydajność dozowania substancji, czyli najszybsze możliwe uzyskanie zadanej porcji wagowej.

Ustalono dopuszczalną odchyłkę  $dF$  jako nie większą niż 2 kHz, przy czym w obu etapach utrzymano max  $dF$  na poziomie 50 Hz.

Odważanie substancji prowadzono w trybie porcjowym. Substancję dozowano z zasadniczo maksymalną prędkością, czyli przy największej chwilowo obranej maksymalnej mocy wyjściowej generatora 8' (jak wspomniano największa chwilowa moc generatora w tym przykładzie wykonania to 30 W) aż do chwili, gdy odważona porcja posiadała niedobór 10% masy i wówczas spowolniono odważanie obniżając moc wyjściową generatora 8' do co raz to mniejszej zgodnie z przebiegiem krzywej także wydłużając czas odmierzania celem uzyskania precyzji dozowania rzędu 1 mg, po czym po stwierdzeniu odważenia 100% porcji odważanie zakończyło się.

Ubytek substancji w dozowniku 3 poprzez napełnianie go substancją ze zbiornika 9 uzupełniano w czasie przerw pomiędzy odważaniem substancji.

Pomiaru masy substancji sypkiej dokonywano poprzez mierzenie ubytku tej substancji z dozownika 3 pomiarem dyskretnym, gdzie próbkowanie prowadzono z odstępem czasu wynoszącym od 1 ms do 1 s, a tym razem konkretnie była to 1 ms, w czasie przerw pomiędzy dokonywaniem pomiaru masy substancji.

P r z y k ł a d d r u g i, jak w przykładzie pierwszym z następującymi różnicami:

- przepustnica 4 zakończona jest perlatozem 11 o oczkach mających przekątną 1000  $\mu\text{m}$ , a częstotliwość rezonansowa drgań dozownika 3 grawimetrycznego wynosi  $F_r=44\text{ kHz}$ , dla której uzyskano odpowiedź drgań układu mającą amplitudę 18  $\mu\text{m}$ .

- częstotliwość  $dF$  ma maksymalną wartość 200 Hz.

- Wyszukiwanie  $F_r$  prowadzono przy mocy generatora 8' wynoszącej połowę zakresu, czyli przy 200 W, przy czym nie wyszukiwano dodatkowej  $F_r$

- generator prądowy 8' jest generatorem prądu zmiennego o napięciu wejściowym 230 V

- przepustnica 4 ma kątowny bieg przepustu od kierunku pionowego do bocznie ukośnego, tym razem miara kąta 125°

- odważanie substancji prowadzono w trybie ciągłym, a jako zadanie przyjęto odważenie 0,5 kg substancji stanowiącej nanocząsteczki tytanu do natychmiastowego wykorzystania w technologii produkcji szyb, na potrzeby której zaimplementowano urządzenie 1 do odważania

- dobrano wartość mocy wyjściowej generatora 8' jako 100 W, co oznacza największą chwilową moc generatora 8' używaną na potrzeby niniejszego wykonania, poprzez dobór prądu i napięcia generatora 8' tak, że napięcie wyjściowe wynosiło 400 V, a prąd wyjściowy 250 mA, co nadal nie przekracza dopuszczalnego poziomu bezpieczeństwa

- substancję dozowano zasadniczo ze stałą prędkością, dla obranej nastawy, dla której znana jest z etapu wstępnego wydajność odważania w jednostce czasu, a konkretnie obrano na podstawie uzyskanej krzywej przeliczeniowej wydajność 1kg/h, przy czym odważanie prowadzono nieprzerwanie, uzupełniając ubytek substancji w dozowniku 3 poprzez napełnianie go substancją z zasobnika zbiornika

9, jednak mimo że napełniano dozownik 3 podczas procesu odważania w etapie pracy, to napełniano go w przerwach pomiędzy dyskretnym pomiarem tensometrycznym, co 5 minut jedno napełnienie,

– uzupełnienie ubytku substancji sypkiej było poprzedzone sygnałem sterującym, który wyzwała napełnienie dozownika 3 na podstawie niskiego poziomu nasypu dozownika 3.

– pomiędzy sygnałem wyzwalającym napełnienie a uzupełnieniem dozownika 3 odmierzanie odbywa się w trybie wolumetrycznym, przy wykorzystaniu krzywych zależności.

– pomiaru masy substancji sypkiej dokonywano poprzez mierzenie ubytku tej substancji z dozownika 3 pomiarem dyskretnym, gdzie próbkowanie prowadzono z odstępem czasu wynoszącym 1 s

– jako że podczas napełniania ze zbiornika 9 w czasie etapu pracy może wystąpić niepewność co do utraty masy z dozownika 3, układ sterowania 2 w chwili wystąpienia hazardu wzrostowego masy, a jednocześnie znając wartości przeliczeniowe krzywej przeliczeniowej uzyskanej z etapu wstępnego, a także z prowadzonego etapu pracy, gdzie nie było napełniania dozownika 3, koryguje masę odważonej porcji substancji dla zadanej nastawy mocy wyjściowej generatora 8', przynajmniej jeden raz na każde dziesięć pomiarów dyskretnych wykonanych tensometrem 5, tym razem jednokrotnie na każde 5 pomiarów, przy czym korekta polega na chwilowym zwiększeniu mocy dla niedoboru odważonej substancji, a na chwilowym zmniejszeniu mocy dla nadmiaru odważonej substancji, po oszacowaniu jaką masę substancji dodano i jednocześnie: jak i czy zgodnie z krzywą przeliczeniową następuje utrata masy z dozownika 3 podczas etapu pracy.

W obu przykładach wykonania uzyskano bardzo dużą dokładność odważania substancji sypkiej. Każdorazowo błąd nie przekroczył 1 mg. Wszystko to dzięki stałemu nadzorowi układu sterowania nad procesem, który wykorzystuje uprzednio uzyskane krzywe przeliczeniowe dla poszczególnych nastaw elementów układu i nastaw procesu.

### Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do odważania sproszkowanej substancji sypkiej metodą traconej wagi, zawierające układ sterowania, dozownik z przepustnicą substancji sypkiej, który to zawieszony jest na urządzeniu tensometrycznym stanowiąc wraz z nim urządzenie grawimetryczne określające chwilowy przepływ masowy substancji sypkiej jeszcze przed stanowiskiem odbioru porcji tej substancji, który to dozownik na zewnętrznej stronie swej przepustnicy ma zamontowany wibrator wytwarzający drgania dozownika, gdzie o wypływie substancji sypkiej decyduje układ sterowania i przystawka sterująca wibratorem, natomiast urządzenie tensometryczne to urządzenie pomiarowe do pomiaru siły nacisku, za pomocą którego ustalane jest obciążenie chwilowe opisanego układu elementów dozownika wraz z przenoszonym materiałem, a dozownik korzystnie jest umieszczony pod zbiornikiem substancji sypkiej, **znamiennie tym**, że przystawką (8) jest generator prądowy (8') połączony poprzez element piezoelektryczny (10) z wibratorem (7) stanowiącym lity pręt (7') będący łącznikiem umieszczonym wzdłużnie i ściśle za elementem piezoelektrycznym (10) aż do przepustnicy (4), z którą pręt (7') jest trwale i korzystnie rozłącznie połączony na przedłużeniu głównej osi (X) wysypu substancji sypkiej, która to przepustnica (4) zakończona jest perlatozem (11) o oczkach mających przekątną z zakresu od 10  $\mu\text{m}$  do 1000  $\mu\text{m}$ , natomiast generator prądowy (8') sprzężony przez element piezoelektryczny (10) z prętem (7'), jest pośrednio wysokoczęstotliwościowym generatorem drgań pręta (7'), a poprzez pręt (7') także dozownika (3) grawimetrycznego, gdzie częstotliwość ich drgań przybiera wartość z zakresu od 1 5kHz do 45k Hz.
2. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że generator prądowy (8') jest generatorem prądu zmiennego o napięciu wejściowym z zakresu od 90 V do 260 V.
3. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że rozłączne połączenie pręta (7') z przepustnicą (4) jest połączeniem gwintowanym.
4. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że urządzenie do pomiaru siły nacisku w rodzaju tensometru (5) połączone jest poprzez element tłumiący (12) z dozownikiem (3), korzystnie złączem skręcanym.
5. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że perlator (11) jest sitem nierdzewnym, korzystnie mocowanym do przepustnicy (4) połączeniem adhezyjnym.

6. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że dozownik (3) jest w swej górnej części (3') wykonany w postaci leja zasypowego połączonego u ujścia (13) z dolną częścią (4') wykonaną w postaci rurowatej przepustnicy (4).
7. Urządzenie według zastrz. 6, **znamiennie tym**, że przepustnica (4) jest przynajmniej fragmentarycznie łukowata, korzystnie o kątowym biegu przepustu od kierunku pionowego do bocznie ukośnego, co oznacza zagięcie kątowe o mierze kąta z zakresu od  $90^\circ$  do  $135^\circ$ .
8. Urządzenie według zastrz. 1 lub zastrz. 6 lub zastrz. 7, **znamiennie tym**, że zbiornik (9) substancji sypkiej jest osadzony ponad dozownikiem (3) grawimetrycznym, a ujście zbiornika (9) będąc rozdzielone od dozownika (3) znajduje się w świetle wejścia (14) dozownika (3), korzystnie osiowo w kierunku pionowym.
9. Urządzenie według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że generator (8') jest generatorem o zmiennej mocy wyjściowej, jednak generowanej niezależnie względem uzyskiwanej częstotliwości drgań elementu piezoelektrycznego (10), przy czym zmienna moc wyjściowa jest korzystnie skorelowana z amplitudą drgań elementu piezoelektrycznego (10) i/lub pręta (7') stanowiącego wibrator (7) dozownika (3).
10. Sposób odważania sproszkowanej substancji sypkiej metodą traconej wagi, polegający na ciągłym transporcie i dozowaniu przez dozownik, porcji substancji sypkiej znajdującej się na odcinku pomiarowym pomiędzy otworem wlotowym a wylotowym dozownika, który to zawieszony jest na urządzeniu tensometrycznym określającym poprzez pomiar siły na podstawie chwilowego nacisku przepływ masowy substancji sypkiej jeszcze przed stanowiskiem odbioru porcji tej substancji, a wypływ substancji sypkiej jest prowokowany wibracjami wygenerowanymi za pomocą generatora sprzężonego z wibratorem połączonym z urządzeniem grawimetrycznym, którym jest dozownik połączony z tensometrem, gdzie wibracje mają częstotliwość drgań co najmniej kilkaset Hz, a dozownik zasypuje się substancją sypką korzystnie podawaną ze zbiornika, **znamiennie tym**, że sprzężenie jest realizowane elementem piezoelektrycznym (10) generującym częstotliwość z zakresu od  $F_{min}=15$  kHz do  $F_{max}=45$  kHz, przy czym prowadzi się etap wstępny, w którym cechuje się dozowanie uzależniając odmierzoną przez tensometr (5) masę wysypanej w jednostce czasu z dozownika (3) porcji substancji sypkiej, odpowiednio od pobudzenia częstotliwościowego i od generowanej przez generator prądowy (8') mocy wyjściowej, wymuszonymi na dozowniku (3) wibracjami, poprzez co uzyskuje się krzywą owych zależności zapisywaną do modułu pamięciowego układu sterowania (2), przy czym zanim nastąpi na etapie wstępnym proces cechowania, wyszukuje się z zakresu od  $F_{min}$  do  $F_{max}$  przynajmniej jedną częstotliwość rezonansową  $F_r$  pobudzenia układu mechanicznego, czyli dozownika (3) wyposażonego w przepustnicę (4) z perlatozem (11) i wibrator (7), dla którego to pobudzenia uzyskuje się amplitudę drgań układu w zakresie korzystnie do  $20\ \mu\text{m}$ , a po etapie wstępnym przechodzi się do etapu pracy, w którym wykorzystuje się uzyskaną na etapie wstępnym krzywą zależności zapamiętaną w jednostce pamięci układu sterowania (2) dla tegoż procesu i rodzaju substancji sypkiej, gdzie w zależności od zadanej nastawy, którą jest naważenie porcji, dobiera się wartość mocy wyjściowej generatora (8') poprzez dobór prądu i napięcia generatora (8') i określa się dla tej mocy czas działania etapu pracy na podstawie przeliczenia zależności wynikających z zapamiętanej krzywej uzyskanej w etapie cechowania przy pomocy tensometru (5), gdzie etap wstępny i etap pracy prowadzi się dla częstotliwości  $F_r$  z ewentualną odchyłką  $dF$ .
11. Sposób według zastrz. 10, **znamiennie tym**, że wyszukuje się więcej niż jedną częstotliwość rezonansową  $F_r$  skanując przedział częstotliwości od  $F_{min}$  do  $F_{max}$ , po czym dla tej samej substancji sypkiej prowadzi kilkukrotnie etap wstępny, odpowiednio po jednym dla każdej uzyskanej  $F_r$ , a uzyskane krzywe przeliczeniowe jako krzywe zależności ważonej porcji substancji od mocy wyjściowej generatora (8') i wzbudzenia układu mechanicznego, są zapisywane w jednostce pamięci układu sterowania (2), z czego przynajmniej jedna z tych krzywych przeliczeniowych i zapisane w układzie sterowania jej zależności, są wykorzystywane w etapie pracy.
12. Sposób według zastrz. 10, **znamiennie tym**, że wyszukiwanie częstotliwości rezonansowej  $F_r$  prowadzi się przy maksymalnej nastawie mocy wyjściowej generatora (8').
13. Sposób według zastrz. 10, **znamiennie tym**, że podczas etapu wstępnego cechowanie dozowania następuje dla całego zakresu mocy wyjściowej generatora (8').

14. Sposób według zastrz. 10, **znamienny tym**, że ustala się maksymalną moc wyjściową generatora (8') jako nie większą niż 30 W.
15. Sposób według zastrz. 10, **znamienny tym**, że wyszukuje się i korzystnie stosuje na etapie wstępnym i na etapie pracy taką częstotliwość rezonansową  $F_r$ , skanując cały zakres częstotliwości od  $F_{min}$  do  $F_{max}$ , że dla wyszukanej częstotliwości  $F_r$  uzyskuje się największą wydajność dozowania substancji, czyli najszybsze możliwe uzyskanie zadanej porcji wagowej.
16. Sposób według zastrz. 10, **znamienny tym**, że ustala się dopuszczalną odchyłkę  $dF$  jako nie większą niż 2 kHz, korzystnie nie większą niż 0,2 KHz, od wyszukanej częstotliwości rezonansowej  $F_r$ , dla której ustala się etap wstępny i/lub etap pracy.
17. Sposób według któregośkolwiek z zastrz. od zastrz. 10 do zastrz. 16, **znamienny tym**, że odważanie substancji prowadzi się zamiennie w dwóch trybach, czyli jako tryb ciągły oraz tryb porcjowy.
18. Sposób według zastrz. 17, **znamienny tym**, że w trybie porcjowym substancję dozuje się z zasadniczo maksymalną prędkością, czyli przy największej chwilowo obranej mocy wyjściowej generatora (8'), aż do chwili, gdy odważona porcja ma niedobór co najwyżej 10% masy i wówczas spowalnia się odważanie obniżając największą chwilowo obraną moc wyjściową generatora (8') do co raz to mniejszej celem uzyskania precyzji dozowania rzędu 1 mg, po czym po stwierdzeniu odważenia 100% porcji odważanie zakańcza się, korzystnie uzupełniając ubytek substancji w dozowniku (3) poprzez napełnianie go substancją ze zbiornika (9) jedynie w czasie przerw pomiędzy odważaniem substancji.
19. Sposób według zastrz. 17, **znamienny tym**, że w trybie ciągłym substancję dozuje się zasadniczo ze stałą prędkością, dla obranej nastawy, dla której znana jest z etapu wstępnego wydajność odważania w jednostce czasu, a odważanie prowadzi się nieprzerwanie, korzystnie nieustannie uzupełniając ubytek substancji w dozowniku (3) poprzez napełnianie go substancją ze zbiornika (9).
20. Sposób według któregośkolwiek z zastrz. od zastrz. 17 do zastrz. 19, **znamienny tym**, że uzupełnienie ubytku substancji sypkiej jest poprzedzone sygnałem sterującym, który wyzwala napełnienie dozownika (3) na podstawie niskiego poziomu nasypu dozownika (3).
21. Sposób według zastrz. 20, **znamienny tym**, że pomiędzy sygnałem wyzwalającym napełnienie a uzupełnieniem dozownika (3) odmierzenie odbywa się w trybie wolumetrycznym, przy wykorzystaniu krzywych zależności.
22. Sposób według któregośkolwiek z zastrz. od zastrz. 10 do zastrz. 21, **znamienny tym**, że pomiaru masy substancji sypkiej dokonuje się poprzez mierzenie ubytku tej substancji z dozownika (3) pomiarem dyskretnym, gdzie próbkowanie prowadzi się z odstępem czasu wynoszącym od 1 ms do 1 s, korzystnie od 10 ms do 100 ms, przy czym korzystnie ubytek substancji uzupełnia się ze zbiornika w czasie przerw pomiędzy pomiarem masy substancji sypkiej.
23. Sposób według zastrz. 17, **znamienny tym**, że koryguje się masę odważonej porcji substancji dla zadanych nastaw mocy wyjściowej generatora (8'), korzystnie przynajmniej jeden raz na każde dziesięć pomiarów dyskretnych wykonanych tensometrem (5), przy czym korekta polega na chwilowym zwiększeniu mocy dla niedoboru odważonej substancji, a na chwilowym zmniejszeniu mocy dla nadmiaru odważonej substancji.

Rysunek

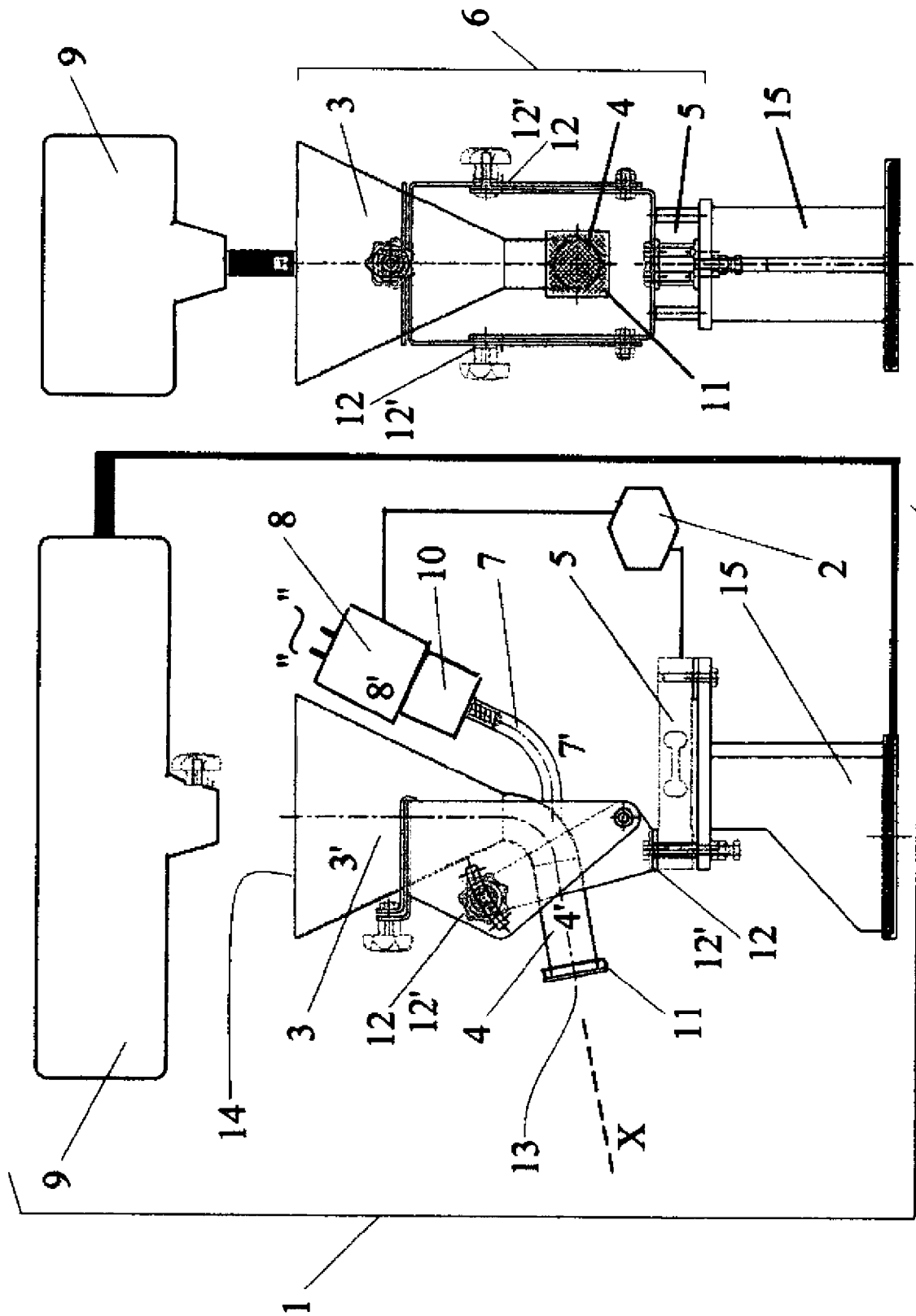


Fig.1