

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **214080**

(13) **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **387128**

(22) Data zgłoszenia: **26.01.2009**

(51) Int.Cl.

G01B 5/004 (2006.01)

G01B 5/008 (2006.01)

G01B 11/03 (2006.01)

E21C 35/00 (2006.01)

(54) **Stanowisko do pomiaru stereometrii zwłaszcza organów roboczych maszyn urabiających oraz sposób pomiaru stereometrii organów roboczych**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
02.08.2010 BUP 16/10

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
28.06.2013 WUP 06/13

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA ŚLĄSKA, Gliwice, PL

(72) Twórca(y) wynalazku:

MARIAN DOLIPSKI, Gliwice, PL

PIOTR CHELUSZKA, Zabrze, PL

PIOTR SOBOTA, Mikołów, PL

ERYK REMIORZ, Gliwice, PL

JAN OSADNIK, Siemianowice Śląskie, PL

(74) Pełnomocnik:

rzecz. pat. Urszula Ziólkowska

PL 214080 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest stanowisko do pomiaru stereometrii, zwłaszcza organów roboczych maszyn urabiających oraz sposób pomiaru stereometrii organów roboczych.

Organy robocze maszyn urabiających stosowanych w górnictwie podziemnym i odkrywkowym surowców energetycznych, mineralnych oraz skalnych, jak również maszyn budowlanych i drogowych przeznaczonych do urabiania skał, betonu czy asfaltu są elementami, które wykonując złożony ruch wzdłuż określonej trajektorii urabiają skałę za pomocą zamocowanych do nich narzędzi urabiających. W przeważającej większości narzędziami tymi są noże osadzone w uchwytach nożowych przyspawanych do ich pobocznicy. Układ noży, a więc ich liczba oraz sposób rozmieszczenia jest jednym z głównych czynników decydujących o przebiegu procesu urabiania. Stąd, projektowany jest on z wykorzystaniem dedykowanych programów komputerowych ściśle dla określonych warunków pracy maszyny urabiającej, w szczególności zaś - własności mechanicznych urabianej skały. Ważną rolę w procesie wytwarzania głowic urabiających kombajnów chodnikowych, organów urabiających kombajnów ścianowych oraz organów roboczych maszyn budowlanych i drogowych jest kontrola zgodności rozmieszczenia i ustawienia uchwyty nożowych z dokumentacją techniczną. Błędy powstałe na etapie wytwarzania tego rodzaju elementów skutkować bowiem będą nieprawidłowym ich działaniem, co w rezultacie prowadzić będzie do niskiej skuteczności działania maszyny urabiającej, przeciążania jej napędów (szczególnie napędu układu urabiania) i drgań, nadmiernego zużycia energii oraz materiałów eksploatacyjnych, czy wreszcie zwiększonej awaryjności.

Kontrola jakości wykonania organów roboczych maszyn urabiających sprowadza się do pomiaru ich parametrów stereometrycznych, stanowiących zbiór wartości parametrów determinujących rozmieszczenie na pobocznicy oraz ustawienie w przestrzeni każdego uchwyty nożowego przyspawanego do tej pobocznicy. Parametrami charakteryzującymi położenie uchwyty nożowego na pobocznicy organu roboczego są przy tym trzy współrzędne w układzie walcowym wierzchołka ostrza noża związanego z danym uchwytem nożowym. Z kolei jego przestrzenną orientację opisują trzy kąty wyznaczone w lokalnym układzie odniesienia związanym z każdym uchwytem nożowym. Pomiar parametrów stereometrycznych organu roboczego maszyny urabiającej sprowadza się zatem do wyznaczenia dla każdego zamocowanego na nim uchwyty nożowego wartości co najmniej sześciu parametrów. Ze względu na niejednokrotnie dużą liczbę uchwyty nożowych, w które wyposażone są organy robocze maszyn urabiających, proces pomiaru ich stereometrii cechuje się więc w wielu wypadkach niezwykle dużą czaso- i pracochłonnością. Tym bardziej, że pomiar stereometrii dla celów kontrolnych dokonywany powinien być przynajmniej dwukrotnie, to znaczny po wstępnym osadzeniu uchwyty nożowych na pobocznicy oraz po ich ostatecznym do niej przy spawaniu.

Dla potrzeb pomiaru stereometrii organów roboczych maszyn urabiających wykorzystywane są stanowiska pomiarowe o różnej budowie. Znane są stanowiska składające się ze stołu obrotowego napędzanego ręcznie bądź za pomocą silnika, na którym mocuje się na czas pomiaru organ roboczy oraz maszyny współrzędnościowej o różnej konstrukcji. W większości przypadków urządzenia pomiarowe składają się z zespołu dwóch ramion zamocowanych przesuwnie w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Jedno z tych ramion zaopatrzone jest w odpowiednio ukształtowaną końcówkę pomiarową, która w czasie pomiaru styka się z punktem odwzorowującym położenie wierzchołka ostrza noża związanego z rozpatrywanym uchwytem nożowym. Ramiona przyrządu wyposażone są w linały - umożliwiające odczyt położenia końcówki pomiarowej w dwóch wzajemnie prostopadłych kierunkach, bądź sensory wchodzące w skład elektronicznego układu pomiarowego, pozwalające na odczyt cyfrowy wartości mierzonych w ten sposób parametrów (współrzędnych), ich przetwarzanie i archiwizację. Urządzenie pomiarowe tego rodzaju, wyposażone w linały znane jest przykładowo z polskiego opisu patentowego nr 142 924.

Uzyskane w ten sposób wartości współrzędnych wierzchołka ostrza noża w powiązaniu z bieżącym położeniem organu roboczego odczytywanym z wykorzystaniem kątomierza stanowiącego integralną część stołu obrotowego lub elektronicznego układu pomiarowego pozwalają w efekcie na wyznaczenie - wprost lub w oparciu o odpowiednie funkcje przejścia - wartości parametrów charakteryzujących rozmieszczenie poszczególnych uchwyty nożowych na pobocznicy organu roboczego maszyny urabiającej.

Pomiar kątów determinujących ustawienie w przestrzeni poszczególnych uchwyty nożowych na znanych stanowiskach pomiarowych jest procesem niezwykle trudnym. Wykorzystywane są w tym przypadku niejednokrotnie skomplikowane mechanicznie przyrządy wyposażone w kątomierze bądź

czujniki obrotowe. Przyrządy te stanowią integralną część głowicy pomiarowej maszyny współrzędnościowej, względnie mogą być odrębnym elementem używanym niezależnie od tej maszyny. Trudności w tym zakresie związane są przede wszystkim z ograniczoną i to nieraz mocno, przestrzenią pomiarową wokół uchwytów nożowych. Dotyczy to w szczególności organów roboczych maszyn urabiających o stosunkowo małych wymiarach oraz dużej liczbie noży (na przykład głowic urabiających kombajnów chodnikowych), kiedy to uchwyty nożowe położone są bardzo blisko siebie. Duże zagęszczenie uchwytów nożowych na niewielkim obszarze pobocznic stwarza duże trudności z pomiarem kątów ich ustawienia oraz wpływa negatywnie na dokładność wyników pomiarów.

Wykorzystywane dotąd stanowiska pomiarowe umożliwiają pomiar stereometrii organów roboczych maszyn urabiających wyłącznie metodami stykowymi, polegającymi na pomiarze żądanych wielkości w wyniku fizycznego zetknięcia w czasie pomiaru głowicy pomiarowej z uchwytem nożowym lub związanymi z nim pewnymi elementami (na przykład trzpieniem osadzonym w jego gnieździe). Ze względu na niejednokrotnie dużą liczbę uchwytów nożowych przy spawanych do pobocznic pomiar stereometrii organów roboczych maszyn urabiających z wykorzystaniem stosowanych dotychczas stanowisk pomiarowych cechuje się dużą czasochłonnością i pracochłonnością, ponieważ wymaga on doprowadzenia do fizycznego kontaktu końcówki pomiarowej z mierzonym punktem (wierzchołkiem ostrza noża) dla każdego kolejnego uchwytu nożowego oraz montażu przyrządu pomiarowego (głowicy pomiarowej) do każdego kolejnego uchwytu nożowego w celu pomiaru kątów jego przestrzennego ustawienia.

Wymienione wyżej trudności i ograniczenia sprawiają, że pomiar stereometrii organów roboczych maszyn urabiających metodami dotychczas stosowanymi jest trudny oraz obciążony może być nieraz znacznym błędem, szczególnie w zakresie pomiaru parametrów determinujących ustawienie uchwytów nożowych w przestrzeni.

Celem wynalazku jest wyeliminowanie wyżej wymienionych wad, a w szczególności uproszczenie procedury pomiarowej stereometrii organów roboczych maszyn urabiających poprzez rezygnację z fizycznego kontaktu przyrządów pomiarowych z mierzonym obiektem, a przez to bezpośredniego pomiaru poszukiwanych wielkości oraz wydatne skrócenie czasu oraz poprawę ergonomii realizacji tej czynności.

Istotą wynalazku polega na tym, że pomiar rozmieszczenia poszczególnych uchwytów nożowych na pobocznic organu roboczego maszyny urabiającej oraz przestrzennej ich orientacji realizowany jest bezstykowo z wykorzystaniem metody stereo-fotogrametrycznej. Nie wymaga to więc fizycznego kontaktu jakichkolwiek elementów pomiarowych z mierzonym obiektem. Wyznaczenie wartości poszukiwanych wielkości niezbędnych dla jednoznacznej identyfikacji położenia przestrzennego poszczególnych uchwytów nożowych realizowane jest przy tym w oparciu o komputerową analizę cyfrowych obrazów wysokiej rozdzielczości (stereogramu) trzech charakterystycznych punktów każdego z uchwytów nożowych. Obrazy te wykonywane są przy tym z dwóch różnych ściśle zdefiniowanych miejsc w przestrzeni stanowiska za pomocą kamer cyfrowych wysokiej rozdzielczości, wchodzących w skład stanowiska pomiarowego i sprzężonych z komputerem PC. Organ roboczy umieszczony jest przy tym na czas pomiaru w przestrzeni pomiarowej stanowiska na tarczy obrotowej stołu obrotowego, która obraca nim tak, by kolejne uchwyty nożowe znajdowały się równocześnie w polu widzenia obu kamer. Układ pomiaru kąta obrotu stołu obrotowego sprzężony jest przy tym sygnałowo ze znajdującym się na stanowisku pomiarowym komputerem, dzięki czemu bieżące wartości kąta obrotu organu roboczego na nim umieszczonego rejestrowane są w pamięci komputera. Dane te wykorzystywane są na etapie przetwarzania obrazów cyfrowych w celu identyfikacji w przestrzeni położenia poszczególnych uchwytów nożowych.

Zaletą rozwiązania według wynalazku jest prosta budowa stanowiska pomiarowego, ze względu na brak konieczności stosowania niejednokrotnie skomplikowanych mechanicznie i drogich przyrządów pomiarowych. Urządzenia pomiarowe są w tym przypadku oddalone od mierzonego obiektu, dzięki czemu możliwy jest swobodny dostęp do mierzonego obiektu. Przyrządy pomiarowe nie są przy tym narażone na uszkodzenie powstałe na przykład podczas wprowadzania do przestrzeni pomiarowej organu roboczego cechującego się dużą masą i nierzadko dużymi wymiarami. Bezkontaktowy charakter pomiaru upraszcza również procedurę pomiarową, zaś zastosowanie wydajnego oprogramowania przyczynia się do znacznego skrócenia czasu pomiaru wartości interesujących wielkości. Proces przetwarzania danych pomiarowych (wyznaczania wartości parametrów stereometrycznych w oparciu o adekwatne funkcje przejścia) może ale nie musi być przy tym realizowany bezpośrednio w miejscu prowadzenia pomiarów, ponieważ niezbędne informacje (obrazy cyfrowe) mogą być przenoszone na

nośnikach magnetycznych lub optycznych na dowolne stanowisko komputerowe, wyposażone w dedykowane do ich analizy oprogramowanie.

Przedmiot wynalazku pokazano na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia ogólną budowę stanowiska do pomiaru stereometrii, zwłaszcza organów roboczych maszyn urabiających, fig. 2 - siatkę ekranu kalibracyjnego w przykładzie wykonania, zaś fig. od 3 do 5 - sposób realizacji poszczególnych etapów pomiaru w formie algorytmów.

Stanowisko do pomiaru stereometrii, zwłaszcza organów roboczych maszyn urabiających według wynalazku wyposażone jest (fig. 1) w dwie przemysłowe cyfrowe kamery wysokiej rozdzielczości: lewą 1 i prawą 2 sprzężone sygnałowo z komputerem PC 3. Organ roboczy 8, dla którego dokonany ma być pomiar stereometrii posadowiony jest przy tym na tarczy obrotowej stołu obrotowego 4, napędzanej elektrycznym silnikiem skokowym. Stół ten wyposażony jest w czujnik kąta obrotu w postaci enkodera połączony sygnałowo z komputerem 3. Sygnały z obu kamer oraz stołu obrotowego przekazywane są za pośrednictwem odpowiednich łącz oraz interface'ów do komputera 3, który tymi urządzeniami steruje oraz dokonuje archiwizacji i przetwarzania uzyskanych sygnałów pomiarowych (obrazów rastrowych). Przestrzeń pomiarowa w postaci walca o średnicy d_p i wysokości h_p usytuowana na wysokości h_0 w stosunku do płaszczyzny podstawy stanowiska pomiarowego limituje wymiary gabarytowe organów roboczych, których stereometria może być mierzona z wykorzystaniem przedmiotowego stanowiska pomiarowego.

Ponieważ ustawienie kamer względem przestrzeni pomiarowej cechować się musi dużą precyzją, zamocowane są one do podstawy stanowiska pomiarowego za pośrednictwem precyzyjnych statywów, korzystnie w postaci głowic fotograficznych 5 i 6. Elementy te umożliwiają dokładne ustawienie osi optycznych kamery 1 i 2 oraz precyzyjny odczyt wartości kątów determinujących to ustawienie. Elementy te, oprócz dużej precyzji mechanizmów wychylania kamery, cechują się przy tym wysoką stabilnością i pewnością ich zamocowania.

Stanowisko pomiarowe według wynalazku wyposażone jest ponadto w ekran kalibracyjny 7 o szerokości b i wysokości h , służący do wzorcowania układu pomiarowego w fazie jego uruchomienia oraz okresowej kontroli i ewentualnej korekcji kalibracji, w celu zachowania wymaganej dokładności pomiaru. Ekran ten umieszczony jest za stołem obrotowym w płaszczyźnie prostopadłej do osi podłużnej stanowiska pomiarowego w odległości X_0 od osi obrotu stołu 4, co zapewnia możliwość dogodnego do niego dostępu. Najniżej położona linia siatki ekranu kalibracyjnego jest umieszczona przy tym na wysokości h_1 w stosunku do płaszczyzny podstawy stanowiska pomiarowego, zaś jej środek geometryczny (punkt O) leży w płaszczyźnie prostopadłej do tej płaszczyzny przechodzącej przez jego oś podłużną.

Rozmieszczenie kamer determinowane jest położeniem ich ognisk optycznych (punktów: K_1 i K_2). W przypadku kamery lewej 1 położenie tego punktu opisane jest za pomocą odległości: a_1 - mierzonej w kierunku równoległym do osi podłużnej stanowiska pomiarowego (osi X przyjętego globalnego układu odniesienia XYZ), c_1 - mierzonej w kierunku pionowym (osi Z) oraz Δy_L - wyrażającej przesunięcie ogniska kamery lewej w stosunku do skrajnej pionowej linii siatki ekranu kalibracyjnego 7. Odległość ogniska optycznego tej kamery od osi podłużnej stanowiska pomiarowego, mierzona w kierunku równoległym do osi Y wynosi zatem: $e_1 = \Delta y_L + 0,5 \cdot b$. W analogiczny sposób określone jest położenie ogniska optycznego kamery prawej 2 (punkt K_2). W tym przypadku położenie tego punktu charakteryzowane jest przez odległości: a_2 , c_2 i Δy_P , przy czym jego odległość od osi podłużnej stanowiska pomiarowego, mierzona w kierunku równoległym do osi Y wynosi: $e_2 = \Delta y_P + 0,5 \cdot b$.

Położenie osi optycznych kamer stanowiska do pomiaru stereometrii organów roboczych według wynalazku (fig. 1 - linie punktowe), przechodzących przez ich ogniska K_1 i K_2 definiowana jest za pomocą dwóch kątów:

1. kąta obrotu kamery w płaszczyźnie podstawy stanowiska pomiarowego: α_{11} - w przypadku kamery lewej 1 oraz α_{21} - w przypadku kamery prawej 2.
2. kąta wychylenia kamery w płaszczyźnie prostopadłej do podstawy stanowiska pomiarowego: α_{12} - w przypadku kamery lewej 1 oraz α_{22} - dla kamery prawej 2.

Położenie, wynikające z wartości odległości: a_1 , a_2 , c_1 , c_2 , e_1 , e_2 oraz przestrzenne ustawienie obu kamer opisane kątami: α_{11} , α_{12} , α_{21} , α_{22} jest tak dobrane, aby zapewniało możliwość rejestracji tych samych (najlepiej wszystkich) punktów węzłowych siatki ekranu kalibracyjnego oraz możliwy był pomiar stereometrii organu roboczego maszyny urabiającej o maksymalnych wymiarach wynikających z założonej wielkości przestrzeni pomiarowej. Ustawienie osi optycznych obu kamer zależy przy tym

od kąta widzenia determinującego wielkość pola widzenia kamer wynikającego z konstrukcji obiektywów oraz wielkości przekątnej zastosowanych w nich matryc światłoczułych (sensorów optycznych).

Ekran kalibracyjny (fig. 2) w przykładowej postaci ma postać zbioru 121 punktów rozmieszczonych w 11-tu wierszach i 11-tu kolumnach. Punkty te tworzą przy tym węzły siatki prostokątnej kwadratowej o boku równym 100 mm. W celu precyzyjnej identyfikacji położenia węzłów tej siatki punkty przecięcia linii pionowych z liniami poziomymi oznaczone zostały za pomocą pierścieni o średnicy $\phi 50/30$ mm. Wymiary ekranu kalibracyjnego, to znaczy jego szerokość b oraz wysokość h , jak również liczba punktów węzłowych siatki zależą przy tym od wymaganej wielkości przestrzeni pomiarowej, a co za tym idzie i wielkości pola widzenia obu kamer.

Sposób pomiaru stereometrii, zwłaszcza organów roboczych maszyn urabiających na stanowisku pomiarowym według wynalazku polega na tym, że do tarczy obrotowej stołu obrotowego 4 mocuje się organ roboczy 8. Dla kolejnych uchwytów nożowych organu roboczego 8 ustawia się przy tym tarczę obrotową stołu obrotowego 4 w takim położeniu, aby uchwyt nożowy, dla którego dokonywany będzie pomiar znajdował się w polu widzenia obu kamer 1 i 2 oraz odczytuje się wartość kąta jego obrotu w stosunku do położenia początkowego φ_{ST} ; (fig. 3). Następnie wykonuje się zdjęcia cyfrowe obiema kamerami mierzonego uchwytu nożowego, które w dalszej kolejności poddawane są komputerowej obróbce (przetwarzaniu). W oparciu o komputerową analizę obrazów zarejestrowanych przez te kamery wyznaczane są położenia trzech charakterystycznych punktów uchwytu nożowego, reprezentowanych przez geometryczne środki markerów związanych z tym uchwytem nożowym. Położenie tych punktów opisane jest przy tym za pomocą współrzędnych translacyjnych w przyjętym układzie odniesienia XYZ stanowiska pomiarowego. Współrzędne tych trzech punktów stanowią dalej podstawę do wyznaczenia w oparciu o adekwatne funkcje przejścia wartości parametrów stereometrycznych opisujących rozmieszczenie na poboczniczy oraz ustawienie w przestrzeni mierzonego uchwytu nożowego. Wyniki pomiaru zapisywane są następnie do pliku dyskowego, dzięki czemu możliwe jest również ich wykorzystanie w późniejszym okresie.

Procedura ta powtarzana jest dla wszystkich uchwytów nożowych, w które wyposażony jest organ roboczy ($i = 1, \dots, N$).

Określenie położenia charakterystycznych punktów uchwytu nożowego w trójwymiarowej przestrzeni pomiarowej sprowadza się do wyznaczenia wartości współrzędnych przestrzennych środków geometrycznych markerów reprezentujących te punkty. Procedura pomiarowa składa się przy tym dla każdego z nich zasadniczo z czterech podstawowych etapów (fig. 4). Pierwszym z nich jest pozyskanie obrazów cyfrowych danego markera, zarejestrowanych przez obie kamery stanowiska pomiarowego. Zapisane obrazy rastrowe do plików dyskowych są dalej przetwarzane w celu identyfikacji na poszczególnych obrazach położenia punktów środkowych odwzorowania markera w płaszczyźnie tych odwzorowań. Po dokonaniu identyfikacji położenia punktów środkowych obrazów rozpatrywanego markera z kamery lewej oraz prawej (określone zostały współrzędne tych punktów w pikselach), wyznaczane są następnie wartości ich współrzędnych wyrażonych w jednostkach długości. Wykorzystane są w tym celu określone na etapie kalibracji stanowiska pomiarowego funkcje przejścia.

Ostatnim etapem procedury wyznaczania przestrzennego położenia charakterystycznych punktów uchwytu nożowego jest wyznaczenie wartości współrzędnych geometrycznego ich środków względem osi układu odniesienia XYZ. Wyniki tych obliczeń archiwizowane są na koniec w pliku dyskowym.

Na etapie uruchomienia stanowiska pomiarowego według wynalazku oraz w celu okresowej kontroli dokładności opracowanego sposobu pomiaru przeprowadza się jego kalibrację. Kalibracja (wzorcowanie) stanowiska pomiarowego polega na wyznaczeniu wartości współczynników funkcji przejścia pomiędzy współrzędnymi punktów obrazów rastrowych przestrzeni pomiarowej uzyskanych z kamer cyfrowych oraz współrzędnymi rzeczywistymi - w układzie metrycznym.

Procedura kalibracji stanowiska pomiarowego przeprowadzona musi być oddzielnie dla kamery lewej 1 oraz kamery prawej 2 (fig. 5). Pierwsze wzorcowanie stanowiska pomiarowego obejmuje przy tym dwa zagadnienia, to znaczy:

- ❖ określenie stopnia wielomianów kalibracyjnych oraz
- ❖ określenie położenia punktów kontrolnych siatki ekranu kalibracyjnego branych pod uwagę na etapie wyznaczania wartości współczynników funkcji przejścia ze względu na minimalizację maksymalnego błędu położenia punktów węzłowych siatki ekranu kalibracyjnego w płaszczyznach obrazów uzyskanych z obu kamer cyfrowych (Δ_{max}), przy założeniu, że błąd ten nie może być większy niż wartość dopuszczalna (Δ_{dop}).

Po wyznaczeniu dla obu kamer wartości współczynników wielomianów kalibracyjnych ze względu na wymienione wyżej kryterium oraz ich zapisie w pliku konfiguracyjnym na dysku komputera, realizowana jest procedura sprawdzająca, polegająca na wyznaczeniu wartości współrzędnych przestrzennych wszystkich punktów węzłowych siatki ekranu kalibracyjnego. Ponieważ znane są ich wartości rzeczywiste, możliwa jest w ten sposób ocena wartości maksymalnego błędu pomiarowego opracowanego stanowiska pomiarowego.

Zastrzeżenia patentowe

1. Stanowisko do pomiaru stereometrii, zwłaszcza organów roboczych maszyn urabiających, **znamiennie tym**, że składa się ono z dwóch przemysłowych cyfrowych kamer wysokiej rozdzielczości: lewej (1) i prawej (2) zamocowanych do podstawy stanowiska pomiarowego korzystnie za pośrednictwem precyzyjnych głowic fotograficznych (5) i (6), umożliwiających dokładne ustawienie osi optycznych kamer, które sprzężone są sygnałowo z komputerem PC (3), stołu obrotowego (4) połączonego sygnałowo z komputerem (3), napędzanego elektrycznym silnikiem skokowym i wyposażonego w czujnik kąta obrotu korzystnie w postaci enkodera oraz ekranu kalibracyjnego (7), tak że sygnały z obu kamer (1) i (2) oraz stołu obrotowego (4) przekazywane są za pośrednictwem odpowiednich łącz oraz interfejsów do komputera (3).

2. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że położenie ognisk optycznych kamer (punkt K_1 i K_2) wynikające z wartości odległości: a_1 , a_2 , c_1 , c_2 , e_1 , e_2 oraz przestrzenne ustawienie osi optycznych kamer, charakteryzowane przez kąty: α_{11} , α_{12} , α_{21} , α_{22} jest tak dobrane, aby możliwa była równoczesna rejestracja przez obie kamery tych samych, korzystnie wszystkich punktów węzłowych siatki ekranu kalibracyjnego oraz możliwy był pomiar stereometrii organu roboczego maszyny urabiającej o maksymalnych wymiarach wynikających z założonej wielkości przestrzeni pomiarowej w postaci walca o średnicy d_P i wysokości h_P usytuowanego na wysokości h_0 w stosunku do płaszczyzny podstawy stanowiska.

3. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że ekran kalibracyjny (7) o szerokości b i wysokości h , służący do wzorcowania układu pomiarowego w fazie jego uruchomienia oraz okresowej kontroli i ewentualnej korekcji kalibracji w celu zachowania wymaganej dokładności pomiaru, umieszczony jest za stołem obrotowym w płaszczyźnie prostopadłej do osi podłużnej stanowiska pomiarowego w odległości x_0 od osi obrotu stołu (4), zapewniającej możliwość dogodnego do niego dostępu, przy czym najniżej położona linia siatki ekranu kalibracyjnego jest umieszczona na wysokości h_0 w stosunku do płaszczyzny podstawy stanowiska pomiarowego, takiej aby punkty węzłowe leżące na tej linii były widziane przez obie kamery, zaś jej środek geometryczny (punkt O) leży w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny podstawy stanowiska pomiarowego i przechodzącej przez jego oś podłużną.

4. Stanowisko według zastrz. 1, **znamiennie tym**, że ekran kalibracyjny ma postać zbioru punktów tworzących węzły siatki prostokątnej kwadratowej o boku wynoszącym korzystnie 100 mm i oznaczonych w celu precyzyjnej identyfikacji położenia tych punktów węzłowych korzystnie za pomocą pierścieni o średnicy $\phi 50/30$ mm, przy czym wymiary ekranu kalibracyjnego, to znaczy jego szerokość b i wysokość h oraz liczba punktów węzłowych tej siatki zależą od założonej wielkości przestrzeni pomiarowej oraz wielkości pola widzenia obu kamer.

5. Sposób pomiaru stereometrii, zwłaszcza organów roboczych na stanowisku pomiarowym według wynalazku, **znamiennie tym**, że na tarczy obrotowej stołu obrotowego (4) umieszcza się organ roboczy (8), po czym dla kolejnych uchwytów nożowych ustawia się stół obrotowy w takim położeniu, aby uchwyt nożowy, dla którego dokonywany jest pomiar znajdował się w polu widzenia obu kamer (1) i (2), odczytuje się wartość kąta jego obrotu w stosunku do położenia początkowego φ_{ST} , a następnie wykonuje się zdjęcia cyfrowe obiema kamerami mierzonego uchwytu nożowego, które się następnie komputerowo przetwarza, tak że wyznacza się na ich podstawie położenie trzech charakterystycznych punktów uchwytu nożowego, reprezentowanych przez geometryczne środki markerów, opisane za pomocą współrzędnych translacyjnych w układzie odniesienia XYZ stanowiska pomiarowego i dalej w oparciu o te współrzędne wyznacza się, z wykorzystaniem adekwatnych funkcji przejścia, wartości parametrów stereometrycznych opisujących rozmieszczenie na pobocznicę oraz ustawienie w przestrzeni uchwytu nożowego.

6. Sposób pomiaru według zastrz. 5, **znamiennie tym**, że w celu określenia położenia charakterystycznych punktów każdego uchwytu nożowego organu roboczego w trójwymiarowej przestrzeni

pomiarowej pozyskuje się obrazy cyfrowe (rastrowe) markerów reprezentujących mierzone punkty, zarejestrowane przez obie kamery stanowiska pomiarowego i zapisane do plików dyskowych, a następnie dokonuje się identyfikacji na poszczególnych obrazach położenia punktów środkowych odwzorowania markerów w płaszczyźnie obrazów z kamery lewej i prawej, tak że określa się ich położenie wyrażone w pikselach, i dalej - w jednostkach długości za pomocą odpowiednich funkcji przejścia, po czym wyznacza się położenie charakterystycznych punktów uchwytu nożowego w przestrzeni w wyniku określenia wartości współrzędnych translacyjnych geometrycznych środków tych markerów w układzie odniesienia stanowiska pomiarowego XYZ.

7. Sposób pomiaru według zastrz. 5, **znamienny tym**, że na etapie uruchomienia stanowiska pomiarowego oraz w celu okresowej kontroli dokładności pomiaru przeprowadza się z wykorzystaniem ekranu kalibracyjnego (Z), oddzielnie dla kamery lewej (1) oraz kamery prawej (2) kalibrację (wzorcowanie), która polega na tym, że wyznacza się wartości współczynników funkcji przejścia pomiędzy współrzędnymi punktów obrazów rastrowych przestrzeni pomiarowej uzyskanych z kamer cyfrowych oraz współrzędnymi rzeczywistymi - w układzie metrycznym, przy czym pierwsze wzorcowanie stanowiska pomiarowego obejmuje określenie stopnia wielomianów kalibracyjnych oraz określenie położenia punktów kontrolnych siatki ekranu kalibracyjnego branych pod uwagę na etapie wyznaczania wartości współczynników funkcji przejścia ze względu na minimalizację maksymalnego błędu położenia punktów węzłowych siatki ekranu kalibracyjnego w płaszczyznach obrazów uzyskanych z obu kamer cyfrowych (Δ_{\max}), przy założeniu, że błąd ten nie może być większy niż wartość dopuszczalna (Δ_{dop}), a następnie sprawdza się wartości współrzędnych przestrzennych wszystkich punktów węzłowych siatki ekranu kalibracyjnego oraz ocenia się wartości maksymalnego błędu pomiarowego stanowiska pomiarowego.

Rysunki

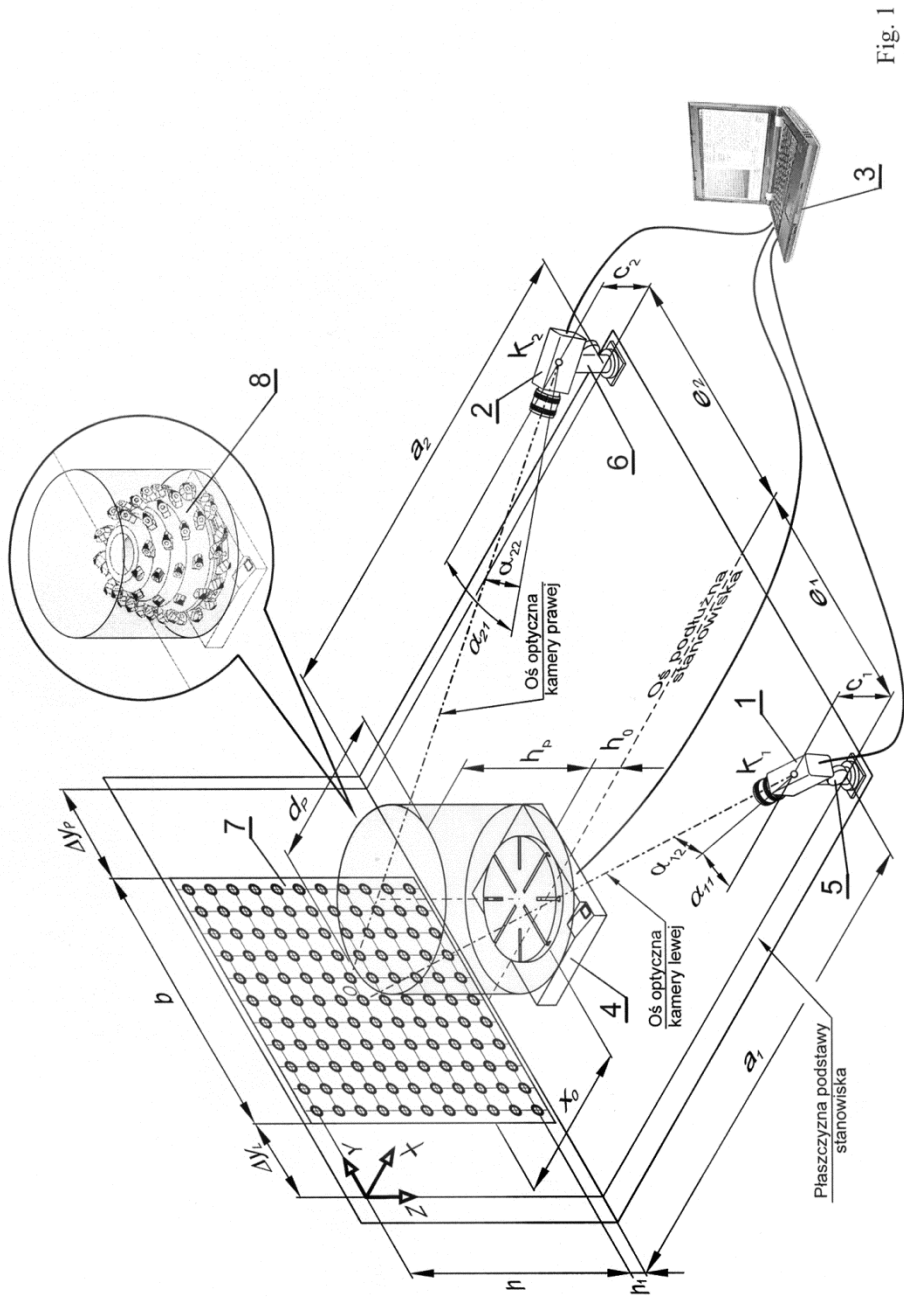


Fig. 1

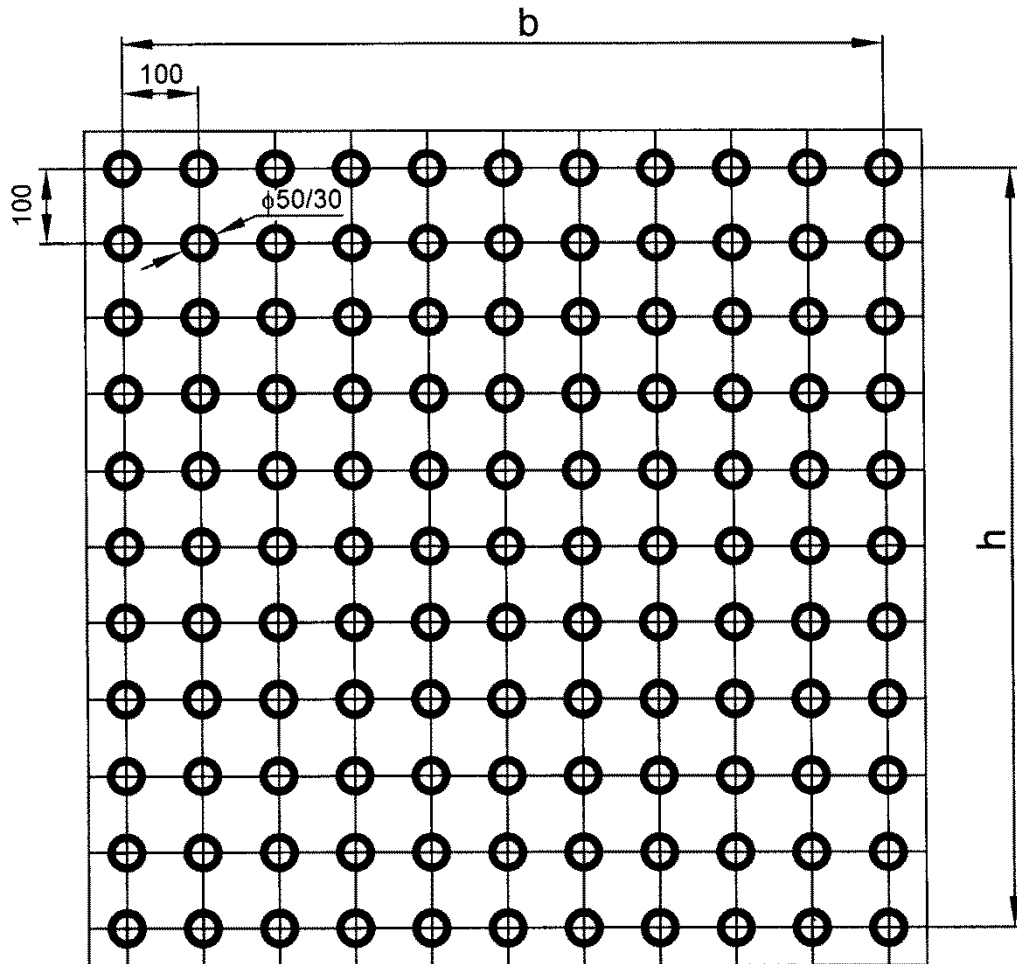


Fig. 2

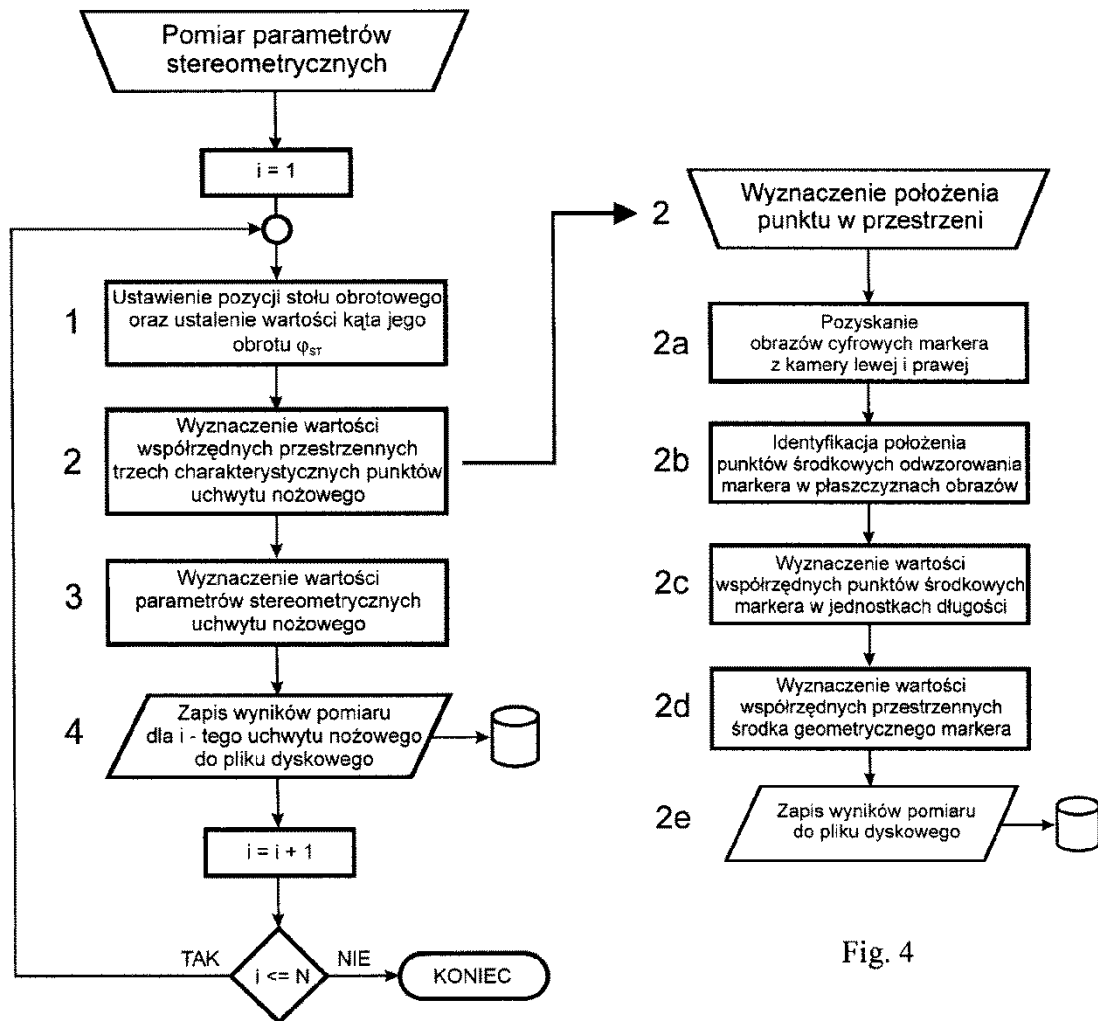


Fig. 3

Fig. 4

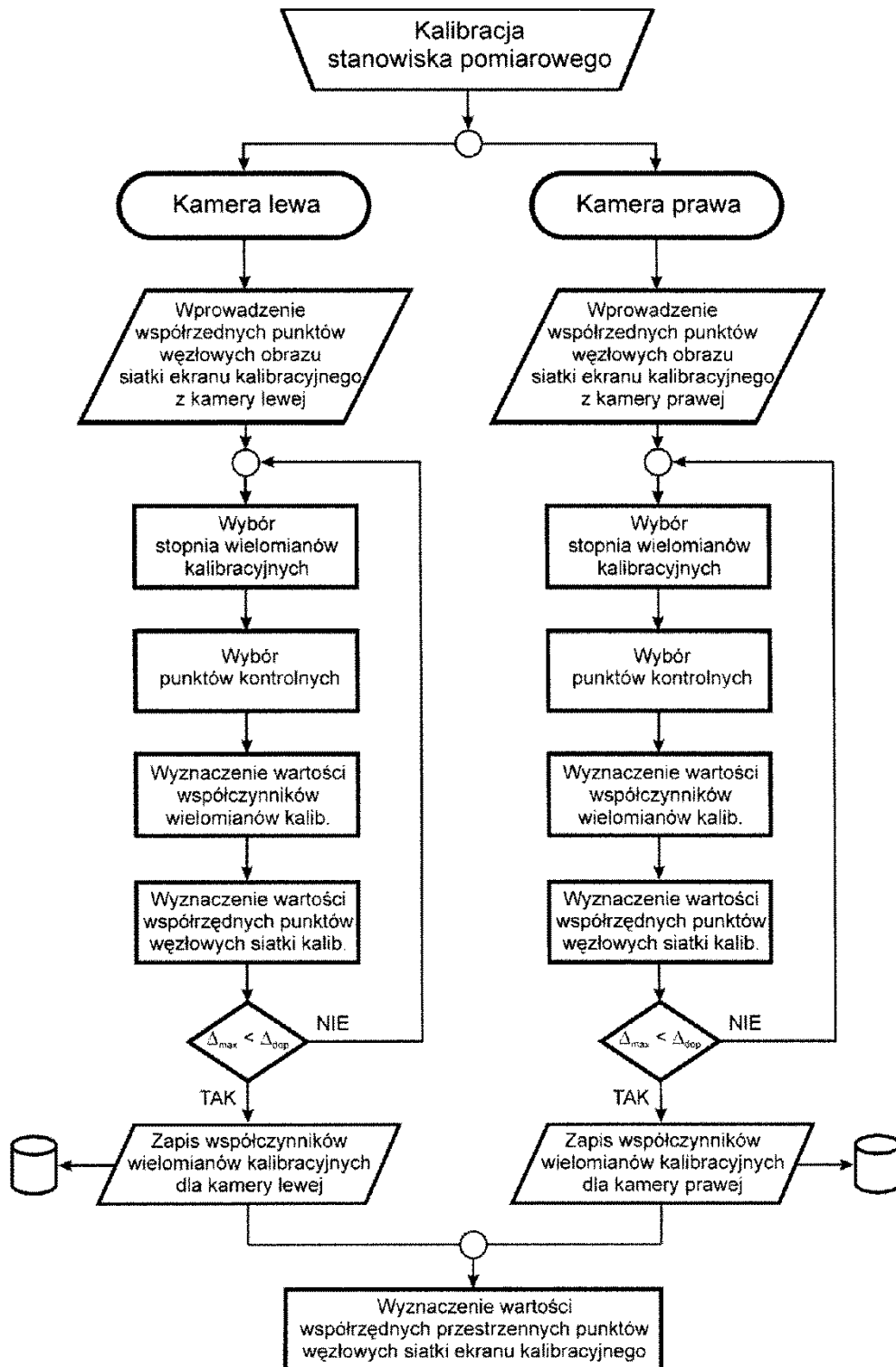


Fig. 5

