

Grzegorz Lis

Politechnika Warszawska

ORIENTACJA PRZESTRZENNA PRZEDMIOTÓW METODĄ MAGNETYCZNĄ

SPATIAL ORIENTATION OF WORKPIECE BY MAGNETIC METHOD

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ПРЕДМЕТОВ МАГНИТНЫМ МЕТОДОМ

Streszczenie: W referacie zostały omówione dwie metody orientacji przedmiotów, których kształt uniemożliwia orientację metodami klasycznymi, metodę orientacji części ferromagnetycznych siłowym oddziaływaniem pola magnetycznego na przedmiot oraz metodę czujnikową z wykorzystaniem pola magnetycznego. Przedstawione zostały konstrukcje przyrządów z polem magnetycznym, których elastyczność umożliwia orientację przedmiotów należących do tej samej klasy kształtów.

Summary: In this report two methods of workpiece orientation which shape make impossible the orientation by conventional method: are presented method of ferromagnetic pieces orientation by forces interaction of magnetic field, and sensor method in the magnetic field.

A construction of devices with magnetic field, which elasticity makes possible the orientation of workpieces which were of the same shape classification is described.

Резюме: В работе рассмотрены два метода ориентации таких предметов, которых форма не позволяет применять классические методы ориентации: метод ориентации ферромагнитных деталей силовым воздействием на них магнитного поля и датчиковый метод с использованием магнитного поля. Представлены конструкции приборов с магнитным полем, которых гибкость позволяет ориентировать предметы того же самого класса.

1. Wstęp

Istotnym problemem występującym przy automatyzacji procesów produkcyjnych jest zmniejszenie udziału pracy ręcznej przy zasilaniu maszyn i urządzeń technologicznych w części i półfabrykaty. Aktualnie stosowane środki automatyzacji nie pozwalają na efektywne rozwiązanie problemu uchwycenia przedmiotu (części lub półfabrykaty) z jednoczesną jego orientacją i transportem do przestrzeni obróbkowej w taki sposób, jak wykonuje to człowiek. Dotychczas najczęściej stosuje się mechaniczne urządzenia orientujące - podające. Często jednak konstruktor urządzeń automatycznych napotyka barierę "niewydolności" funkcjonalnej mechanicznych sposobów orientacji przedmiotów. Stąd też poszukuje się innych rozwiązań wykorzystujących np. oddziaływanie strumienia sprężonego powietrza na części lub znajdujących ostatnio coraz większe zastosowanie metod wizyjnych. Uzupełnieniem tych metod może być wykorzystanie oddziaływania pola magnetycznego na części. Do orientacji wykorzystywane są różne efekty siłowego oddziaływania magnetycznego na przedmiot umieszczony w polu magnetycznym i zależą one od rodzaju materiału, z którego część została wykonana.

Części niemagnetyczne orientuje się w przemiennych polach magnetycznych indukujących prądy wirowe. Przegląd i omówienie tych metod zamieszczono między innymi w pracach [1,2].

W Instytucie Technologii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej prowadzone były prace dotyczące zastosowania pola magnetycznego do orientacji przedmiotów wykonanych z materiałów ferromagnetycznych.

2. Przedmiot ferromagnetyczny w polu magnetycznym

Źródłami pola magnetycznego mogą być zarówno magnesy trwałe, jak i elektromagnesy. Siłowe oddziaływanie pola magnetycznego na ferromagnetyczny przedmiot zależy od parametrów pola, tj. indukcji magnetycznej \vec{B} , natężenia pola \vec{H} i gradientu pola (grad) \vec{B} , a także od parametrów samego przedmiotu, takich jak: własności magnetyczne, kształty i wymiary. Oddziaływanie wzajemne pola magnetycznego i ferromagnetycznego przedmiotu można wyjaśnić zjawiskiem polaryzacji magnetycznej (efektem magnetoindukcji).

Na rys.1a,b pokazano przedmioty ferromagnetyczne umieszczone w polu magnetycznym wytworzonym przez magnesy trwałe. Przedmioty te wykazują własności magnetyczne i zbliżają się do źródła pola. Kierunek wektora polaryzacji przedmiotu ferromagnetycznego związany jest z kierunkiem wektora natężenia pola. Wydłużony przedmiot ferromagnetyczny umieszczony w polu magnetycznym zajmuje położenie wzdłuż linii sił pola swoim największym wymiarem. Efekt orientacji związany jest ze zmianą momentu magnetycznego. W polu magnetycznym jednorodnym powstaje tylko moment magnetyczny \vec{M} (rys.1c). Przy oddziaływaniu na przedmiot pola jednorodnego oprócz momentu sił \vec{M} powstaje siła \vec{F} (rys.1d), która przemieszcza przedmiot w kierunku wzrostu natężenia pola.

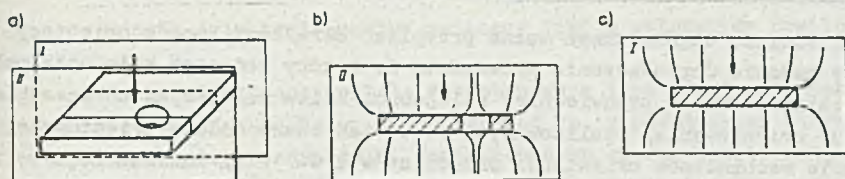


Rys. 1. Oddziaływanie siłowe pola magnetycznego na przedmiot ferromagnetyczny

Fig. 1. Magnetic field interaction on ferromagnetic workpieces

Jednocześnie pole indukowane w przedmiocie zmienia wartość gradientu pola magnetycznego grad \vec{B} pola wymuszającego. Efektem tych zmian jest zmiana natężenia pola magnetycznego \vec{H} oraz indukcji magnetycznej \vec{B} wokół przedmiotu ferromagnetycznego. Zjawisko to ilustruje rysunek 2.

Jeżeli płaską prostokątną płytkę wykonaną z materiału ferromagnetycznego (rys.2a) umieścimy w jednorodnym polu o wektorze indukcji \vec{B} , to będzie ona zmieniała kierunek wektorów natężenia pola magnetycznego \vec{H} . Na rys.2c przedstawiony jest obraz zmian linii sił pola w płaszczyźnie I prostopadłej do powierzchni płytki. W pobliżu krawędzi płytki następuje zagęszczenie linii sił pola magnetycznego (wzrost natężenia pola magnetycznego).



Rys. 2. Zmiany kształtu pola magnetycznego w różnych przekrojach przedmiotu płaskiego z otworem

Fig. 2. Change of magnetic fields shape in different sections of flat workpiece with hole

Na rys. 2b przedstawiony jest obraz zmian pola w płaszczyźnie II przechodzącej przez wykonany w części otwór. Wzrost natężenia pola następuje nie tylko wokół zewnętrznych krawędzi przedmiotu, lecz i wokół krawędzi otworu. Lokalne zmiany pola magnetycznego wynikające z niejednorodności geometrycznej przedmiotu pozwalają na wnioskowanie o położeniu (kształcie) przedmiotu na podstawie zmian pola magnetycznego wokół niego.

3. Orientacja przedmiotów ferromagnetycznych siłowym oddziaływaniem pola magnetycznego

Właśność przedmiotów do poddawania się orientacji w polu magnetycznym zależy od rodzaju materiału, z którego jest wykonany przedmiot, jego kształtu i wielkości, a także kształtu i natężenia pola magnetycznego. Uproszczona klasyfikacja przedmiotów, uwzględniająca ich kształt, jest podana w tablicy 1. Dla każdej klasy przedmiotów pokazano uogólniony przedmiot, który jest bryłą bimetaliczną o niesymetrycznym rozkładzie masy, opisaną na reprezentatywnym przedmiocie tej klasy, uwzględniającym jego asymetrię magnetyczną.

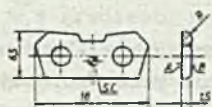
	I	II	III	IV	V
Wzrosty kształtów					
Mniejszy kształt uogólniony					
	$l < D$		$l > D$		

Tablica 1. Uproszczona klasyfikacja przedmiotów

Różnorodność kształtów i wymiarów przedmiotów powoduje, że dla opisanie złożonego kształtu przedmiotu orientowanego często trzeba użyć jednocześnie dwu lub więcej modeli przedmiotów uogólnionych. Jednak każdemu kształ-

towi przedmiotu uogólnionego można przypisać określony sposób orientacji tak, że zadanie doprowadzenia przedmiotu do z góry zadanego położenia polega na zastosowaniu w odpowiedniej kolejności kilku następujących po sobie procedur orientowania, realizowanych przez tak zwane moduły orientujące. Omówienie mechanizmów orientacji przedmiotów z ww. klas zamieszczono w pracy [3].

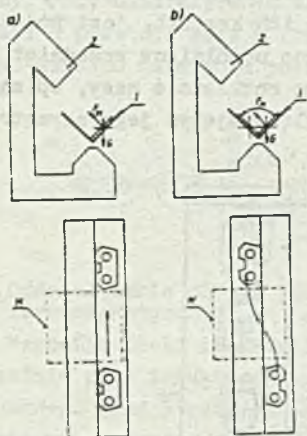
Przykładem zastosowania metody orientacji części siłowym oddziaływaniem pola magnetycznego może być konstrukcja stanowiska orientującego ogniwo łańcucha piły (rys.3).



Rys. 3. Kształt ogniwa łańcucha piły (s.c. - środek ciężkości)

Fig. 3. The shape of the saw chain element (s.c.-centre of gravity)

Kształt ogniwa można zaliczyć jako należący do IV i V klasy (wg tabl.1). Orientacja ogniwa została podzielona na dwa etapy: wstępny i ostateczny. Orientację wstępną przedstawiono na rys.4. Ogniwo przemieszcza się grawitacyjnie po prawej płaszczyźnie przyznatycznej bieżni 1. W strefie M jest poddane działaniu pola magnetycznego wytworzonego pomiędzy nabiegumnikami elektromagnesu 2. W zależności od położenia środka ciężkości ogniwo przesuwają się po bieżni 1 bez zmiany położenia (rys.4a) lub też jest obracane na lewą płaszczyznę bieżni (rys.4b).



Rys. 4. Orientacja wstępna łańcuszka piły

Fig. 4. Primary orientation of saw chain element

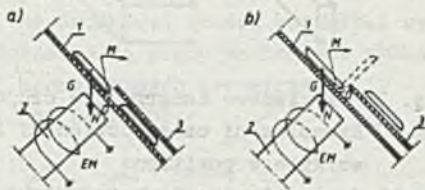
Orientacja ostateczna polega na doprowadzeniu ogniwa do położenia na powierzchni A (rys.3). Sposób orientacji ostatecznej przedstawiono na rys.5. Ogniwo przemieszcza się grawitacyjnie po płaskiej bieżni 1 orientownika, w obrębie oddziaływania pola magnetycznego ponad biegunami elektromagnesu 2. Ogniwo położone powierzchnią A na prowadnicy, po włączeniu prądu w obwodzie cewki EM elektromagnesu przemieszcza się dalej pomiędzy bieżnią 2 a półką 3 (rys.5a). Ogniwo przemieszczające się po prowadnicy powierzchnią B jest unoszone tak, że zajmuje położenie równoległe do linii sił pola magnetycznego (rys.5b) i po jego obróceniu kontynuuje ruch po

półce 3. Sposób orientacji ogniwa związany jest z położeniem chwilowego środka obrotu O.

Stanowisko orientujące zostało skonstruowane jako urządzenie dołączone do dowolnego podajnika. Może współpracować np. z podajnikiem wibracyjnym. Zapewnia dozowanie pojedynczych, zorientowanych ogniw. Konstrukcję stanowiska orientującego przedstawiono na rys.6. Na płycie 1 osadzonej wahlwie na wsporniku 2 zamontowane są zespoły funkcjonalne stanowiska:

- zespół dozowania wstępnego 3, składający się z kątovej bieżni wejściowej 4 oraz wałka wydającego 5 napędzanego siłownikiem pneumatycznym 6,
- zespół orientowania wstępnego, składający się z przyrmatycznej bieżni 7 i odpowiednio ukształtowanego elektromagnesu orientującego 8,
- zespołu dozowania ostatecznego, w skład którego wchodzi: rura pośrednia 9 oraz ruchoma przegroda 10 napędzana siłownikiem pneumatycznym,
- zespołu orientowania końcowego, składającego się z kątovej prowadnicy 11 i półki 12 oraz elektromagnesu orientującego 13.

Ogniwa wstępnie orientowane w podajniku (np. wibracyjnym) znajdują się na bieżni wejściowej 4 stykając się z powierzchniami czołowymi. W wałku wydającym 5 jest wykonane przecięcie, do którego grawitacyjnie zsuwają się ogniwa. Obrót wałka spowodowany przez siłownik pneumatyczny i układ dźwigniowy doprowadza przecięcie do takiego położenia, przy którym ogniwo swobodnie zsuwa się na prawą bieżnię 7 orientownika. Zespół orientowania wstępnego rozdziela ogniwa na dwa strumienie ułożone na obu powierzchniach przyrmatycznej bieżni 7 orientownika.



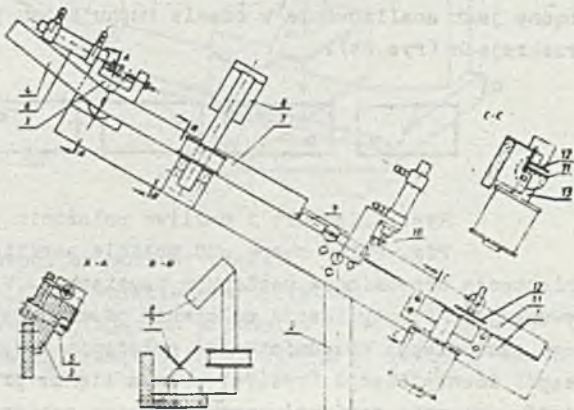
Rys. 5. Orientacja ostateczna ogniwa łańcuszka piły

Fig. 5. Final orientation of saw chain element

Sprowadzenie obu strumieni do jednego następuje w rurze pośredniej 2, u wylotu której znajduje się ruchoma przegroda 10, zatrzymująca zorientowane ogniwa i wydająca je kolejno na płaską bieżnię zespołu orientacji ostatecznej.

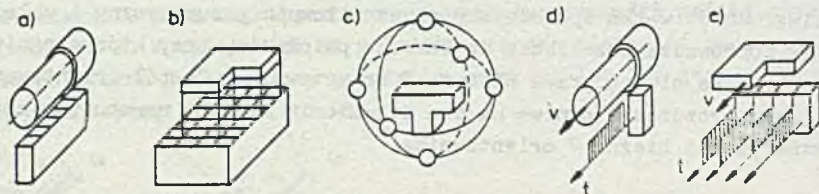
Rys. 6. Stanowisko orientujące ogniwa łańcuszka piły

Fig. 6. Device for the saw chain element orientation



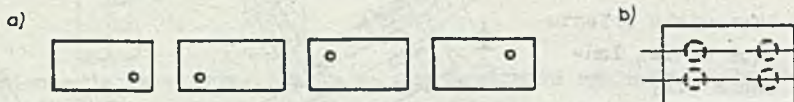
4. Orientacja części ferromagnetycznych metoda czujnikowa z wykorzystaniem pola magnetycznego

Przedstawione na wstępie własności zmiany pola magnetycznego wokół przedmiotu ferromagnetycznego uniemożliwiają budowę urządzeń do orientacji przedmiotów z wykorzystaniem algorytmicznych metod orientacji. Aktualne położenie przedmiotu rozpoznawane jest przez czujniki pola magnetycznego, rejestrujące zaburzenia pola wokół przedmiotu analizowanego. Sygnały z nich pochodzące przetwarzane są w układzie logicznym, generującym odpowiednie sygnały wyjściowe do urządzeń manipulujących przedmiotem. W zależności od stopnia skomplikowania przestrzennego kształtu przedmiotu czujniki określające aktualne jego położenie muszą być rozmieszczone: liniowo (rys.7a)-przedmioty klasy 1D, w kształcie matrycy (rys.7b)-przedmioty płaskie 2D, przestrzennie (rys.7c)-analiza położenia przedmiotu 3D. Jeżeli w trakcie analizy położenia wyróżników geometrycznych kształtu przedmiotów (wyróżników identyfikacji) będą się one przemieszczać, to do rozpoznania położenia wstępnie zorientowanych przedmiotów z klasy 1D wystarczy pojedynczy czujnik (rys.7d), a dla klasy 2D-czujnik liniowy (rys.7e)



Rys. 7. Przykładowe konstrukcje czujników identyfikacji położenia części
Fig. 7. Examples of construction of sensors for identification of workpiece position

Przykładem zastosowania metody czujnikowej z wykorzystaniem pola magnetycznego jest konstrukcja stanowiska orientującego przedmiot płaski z otworem (rys.2a); wstępnie zorientowany może przyjąć cztery dowolne położenia (rys.8a). Dla jednoznacznego określenia położenia przedmiotu niezbędne jest analizowanie w czasie ruchu zmian pola magnetycznego w obu przekrojach (rys.8b).



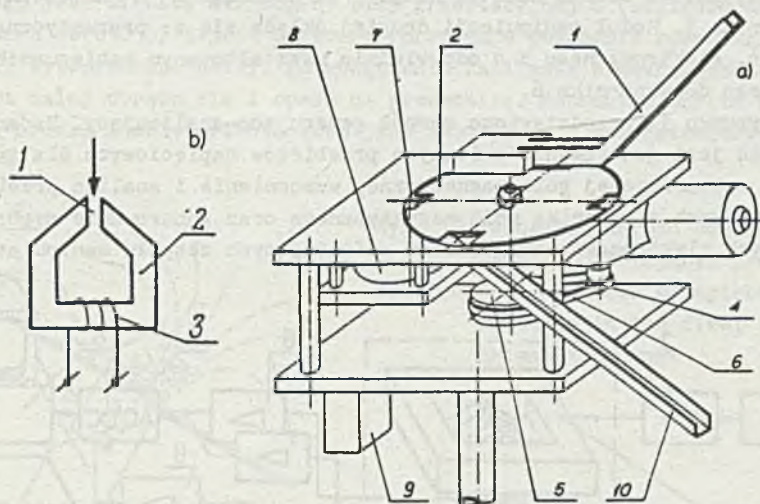
Rys. 8. Kształt i możliwe położenia płytki z otworem

Fig. 8. The shape and possible position workpiece with hole

Orientacja przedmiotów następuje dwuetapowo. W pierwszej kolejności dokonywana jest identyfikacja położenia otworu płytki. Następnie dokonywana jest manipulacja przedmiotem do położenia zadanego.

Zespół identyfikacji (rys.9a) składa się z: przewodnicy wejściowej przedmiotów wstępnie zorientowanych 1 tarczy zabierakowej 2 z dwoma rozcięciami,

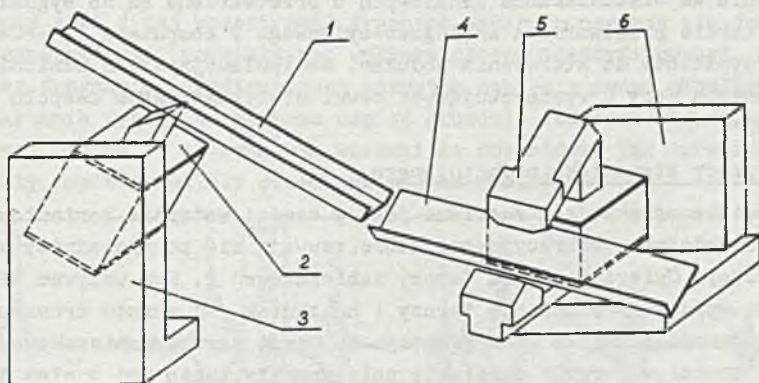
podzespołu napędu tarczy zabierakowej składającej się z silnika prądu stałego 3, o regulowanej prędkości obrotowej wraz z przekładnią (koła pasowe 4 i 5, pasek zębaty 6), czujnika identyfikacji (czujnik indukcyjny wraz z cewką 8, prowadnicy 7), prowadnicy wyjściowej 10.



Rys. 9. Zespół identyfikacji części

Fig. 9. Unit for workpiece identification

Konstrukcję czujnika pola magnetycznego przedstawiono na rys.9b. Magneto-wód ma kształt zamknięty ze szczeliną 1, na środkowej części kształtki wykonane jest uzwojenie 3. W uzwojeniu indukowane są prądy pochodzące tylko od składowych stycznych do szczeliny pól magnetycznych zewnętrznych. Manipulacja odbywa się w zespole manipulacji (rys.10).



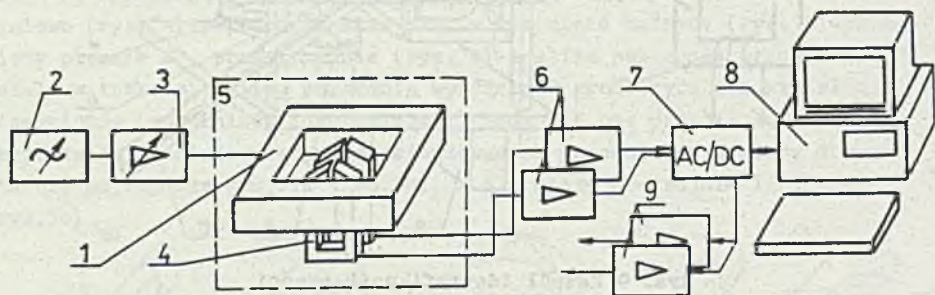
Rys. 10. Zespół orientacji części

Fig. 10. Unit for workpiece orientation

Składa się on z dwóch modułów orientujących przedmiot w dwóch etapach: obrotu przedmiotu wzdłuż krótszej krawędzi (manipulacja pierwsza), obrotu

przedmiotu wzdłuż dłuższej krawędzi (manipulacja druga). Moduły do orientacji wykorzystują siłowe oddziaływanie pola magnetycznego na przedmiot. Moduł manipulacji pierwszej składa się z: przewodnicy 1 (jest to przewodnica wyjściowa modułu identyfikacji), elektromagnesu 2 zamocowanego do wspornika 3. Moduł manipulacji drugiej składa się z: pryzmatycznej przewodnicy 4, elektromagnesu 5 o odpowiednio ukształtowanym nabiegunniku, zamocowanego do wspornika 6.

Na rysunku 11 przedstawiono zespół generująco-analizujący. Zadaniem tego zespołu jest generowanie zmiennych przebiegów napięciowych dla zasilania cewki wytwarzającej pole magnetyczne, wzmocnienie i analiza przebiegów napięciowych z czujnika pola magnetycznego oraz generowanie sygnałów sterujących elektromagnesami modułów orientujących zespołu manipulacji.



Rys. 11. Zespół generująco - analizujący

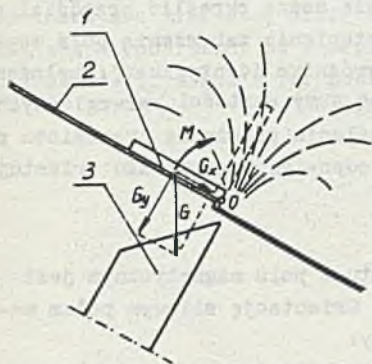
Fig. 11. Unit for generation and analysis

Składa się z generatora przebiegów sinusoidalnych o regulowanej częstotliwości 2, wzmacniacza o regulowanym wzmocnieniu 3, zasilającego cewkę 1, czujnika identyfikacji 5. Sygnały z czujnika pola magnetycznego 4 po wzmocnieniu we wzmacniaczach kanałowych 6 przetwarzane są na sygnały binarne w karcie przetwornika analogowo-cyfrowego 7 komputera IBM-PC-AT8. Sygnały wyjściowe do sterowania modułami manipulacyjnymi są wzmocniane we wzmacniaczach mocy 9ysterowujących cewki elektromagnesów zespołu orientującego.

5. Opis pracy stanowiska orientującego

Stanowisko orientujące zasilane jest w części wstępnie zorientowane z bębnowego podajnika wibracyjnego, które zsuwają się po przewodnicy wejściowej (rys.9a). Opierają się na tarczy zabierakowej 2. Pod wpływem siły ciężkości wpadają w rozcięcie tarczy i na skutek jej obrotu transportowane są w przestrzeń czujnika identyfikacji 8. Obrót tarczy zabierakowej wymusza ruch części w obrębie działania pola magnetycznego nad czołem czujnika identyfikacji. Pole magnetyczne o regulowanej częstotliwości i wielkości natężenia indukuje w czujniku sygnały, które po wzmocnieniu i przetworzeniu na sygnały binarne są rejestrowane, a następnie analizowane w mikrokomputerze. Program zarządzający systemem generuje sygnały sterujące urządzeniami manipulacyjnymi. Mechanizm obrotu przedmiotu w module

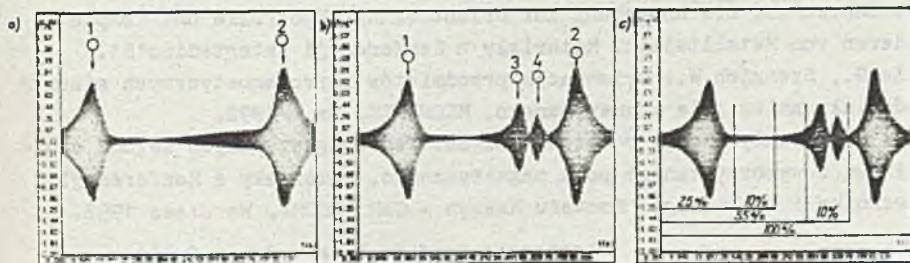
orientującym przedstawiono na rys.12. Przedmiot orientowany 1 zsuwając się po przewodnicy 2 napotyka na swojej drodze silne pole magnetyczne wytworzone przez nabiegunknik elektromagnesu 3. Wypadkowy moment \vec{M} sił pola magnetycznego jest większy niż moment siły grawitacyjnej \vec{G} (względem chwilowego środka obrotu O) i jest obracany (przyjmuje położenie równoległe do linii sił wytworzonego pola). Po wyłączeniu zasilania elektromagnesem przedmiot dalej obraca się i opada na przewodnicę. Mechanizm obrotu przedmiotu w drugim module orientującym jest identyczny z przedstawionym na rysunku 4.



Rys. 12. Mechanizm obrotu części w module orientującym pierwszym
Fig. 12. Mechanism for workpieces rotation in the first orientating unit

6. Sposób określania położenia wyróżnika orientacji części

Analiza przebiegów elektrycznych przeprowadzana jest programowo. Zmiany napięć wyjściowych z czujnika identyfikacji próbkowane są sekwencyjnie w systemie podziału czasu (kanał 1, kanał 2) i zapamiętywane w przestrzeni RAM komputera (16 kB na kanał). W pierwszej kolejności wyodrębniony jest z tej przestrzeni fragment zapisu odnoszący się do zmian pola magnetycznego, powstały pod wpływem części identyfikowanej. Początek i koniec fragmentu określony jest wzrostem napięcia ponad określony poziom (kilkakrotnie wyższy od poziomu napięć szumów). Jednocześnie zapamiętywane są numery bajtów, w których ww. warunki są spełnione. Tak ograniczone fragmenty zapisów zostały przedstawione na rys.13.



Rys. 13. Przykłady przebiegów napięciowych czujnika identyfikacji
Fig. 13. Example of voltage diagrams in identicating sensors

Na rys.13a przedstawione są przebiegi napięciowe w trakcie przemieszczania nad czołem czujnika przedmiotu w płaszczyźnie bez otworu. Wzrost amplitudy oznaczony 1 odpowiada przejściu nad szczeliną czujnika pierwszej krawędzi przedmiotu (wzrost oznaczony 2 - drugiej krawędzi). Na rys.13b poza ekstremami amplitudy występują również lokalne (w obrębie przedmiotu) ekstrema oznaczone 3 i 4, odpowiadające wzrostowi natężenia pola magnetycznego w obrębie krawędzi otworu.

W omawianym przykładzie uzyskiwane jest stałe położenie ekstremum lokalnego oraz wartość tego sygnału jest powtarzalna dla określonej prędkości ruchu przedmiotu. Stąd też doświadczalnie można określić przedział czasowy (rys.13c), w którym spodziewamy się wystąpienia zaburzenia pola magnetycznego spowodowanego pojawianiem się wyróżnika identyfikacji położenia. Dla określenia jego położenia porównywane są sumy wartości bezwzględnych napięć w wytypowanych przedziałach. Po określeniu położenia przedmiotu program generuje sygnały sterujące włączeniem odpowiedniego modułu orientującego.

7. Podsumowanie

Przedstawiona metoda orientacji przedmiotu w polu magnetycznym jest uzupełnieniem klasycznych metod orientacji. Orientację siłowym polem magnetycznym wyróżniają następujące zalety:

- możliwość orientacji przedmiotu o kształtach trudnych do orientowania innymi metodami,
- brak ruchomych elementów zespołów orientujących,
- orientacja bezkontaktowa.

Do wad zaliczyć należy:

- konieczność zapewnienia dużej stabilności wartości natężenia pól magnetycznych,
- ograniczenia wielkości wyróżników orientacji.

Wad tych częściowo pozbawiona jest metoda czujnikowa.

LITERATURA

- [1]Davidenko E.P., Kanajew A.S.: Awtomatizacja proizvodstva sredstvami. EMAGO. Ryga, Zinatne, 1984.
- [2]Kalnin R.K., Dawidenko E.P., Kanajew A.S., Sermons G.J. : EMAGO. Verfahren und die Anwendung zur Orientierung, Kontrolle und Komplettieren von Metallteilen. Materiały z Konferencji Intertedino'81.
- [3]Lis G., Szenajch W.: Orientacja przedmiotów ferromagnetycznych siłowym oddziaływaniem pola magnetycznego. MECHANIK, Nr 1/1992.
- [4]Lis G.: Identyfikacja położenia części ferromagnetycznych metodą czujnikową z wykorzystaniem pola magnetycznego. Materiały z Konferencji Technika i Technologia Montażu Maszyn - OBR TEKOMA, Warszawa 1992.

Recenzent: Prof.dr h.inz. Jerzy Cyklicz
Wpłynęło do Redakcji do 30.04.1992 r.

Abstract: Problems of interaction between magnetic field and ferromagnetic workpiece: force interaction of field on the workpiece, and changes of magnetic field shape around the workpiece, which way be used for spatial orientation of workpiece in workpiece feeding in automatic production lines are presented.

The construction of a device which is orientating the saw chain element is described, this device utilises a method of orientation of workpiece by interaction of force in magnetic field.

In the second part of this report the construction of magnetic field sensor, working in device orientating flat workpieces is presented. Also there are discussed different signals carrying the information about shape (position) of workpiece, and the method of using characteristic features of signals for position defining of workpiece shape feature.