

Jacek Domińczuk<sup>1</sup>

## SPOSOBY POZYCJONOWANIA I DETEKCJI OBIEKTÓW W UKŁADACH CHWYTOWYCH MANIPULATORÓW

**Streszczenie.** W artykule zamieszczono informacje związane z możliwymi do zastosowania systemami pozycjonowania i detekcji obiektów w układach chwytowych manipulatorów. Przedstawiono przykładowe rozwiązania detekcji oparte na wykorzystaniu czujników w systemach kontaktowych i bezkontaktowych. W opracowaniu przedstawiono praktyczne rozwiązania sposobów pozycjonowania obiektów jak również określono wymagania jakie powinny spełniać obiekty by istniała techniczna możliwość ich detekcji i pozycjonowania szczególnie tam gdzie występują elementy podobne.

**Słowa kluczowe:** manipulatory, chwytaki, pozycjonowanie, detekcja.

## WPROWADZENIE

Obecnie coraz częściej prowadzone są prace zmierzające do zautomatyzowania procesów produkcyjnych [1, 2, 3]. Dotyczy to procesów związanych z produkcją zarówno wyrobów nowych jak i już wytwarzanych. Nieodłącznym elementem przemysłowych linii wytwórczych staje się wykorzystanie do prac robotów i manipulatorów [4]. Urządzenia te charakteryzują się dużą wydajnością pracy jak i powtarzalnością wykonywanych operacji. Ciągła dążność do obniżania kosztów wytwarzania sprawia, że coraz częściej linie wytwórcze są projektowane tak by były elastyczne, pozwalając na realizację na nich procesów na wyrobach podobnych [5, 6]. W celu uniknięcia błędów, szczególnie w procesach montażu, polegających na niewłaściwej kompletacji wyrobu istnieje potrzeba wprowadzania systemów do ciągłej kontroli wyrobu na etapie produkcji. Proces kontroli może być realizowany na kilka sposobów np. poprzez ścisłą kontrolę elementów składowych dostarczanych na stanowiska produkcyjne, stosowanie oznaczeń kodowych elementów czy też prowadzenie weryfikacji części na podstawie cech geometrycznych obiektów. Ostatnia z przytoczonych metod wymaga aby elementy które są poddawane procesom technologicznym charakteryzowały się odmiennością możliwą do wychwycenia przez systemy detekcji i pozycjonowania w które należy zaopatrzyć układy chwytowe. Dzięki sprzężeniu programowemu możliwe jest wtedy takie pokierowanie pracą maszyn i urządzeń aby nie doprowadzić do błędnego skompletowania wyroby lub jego

---

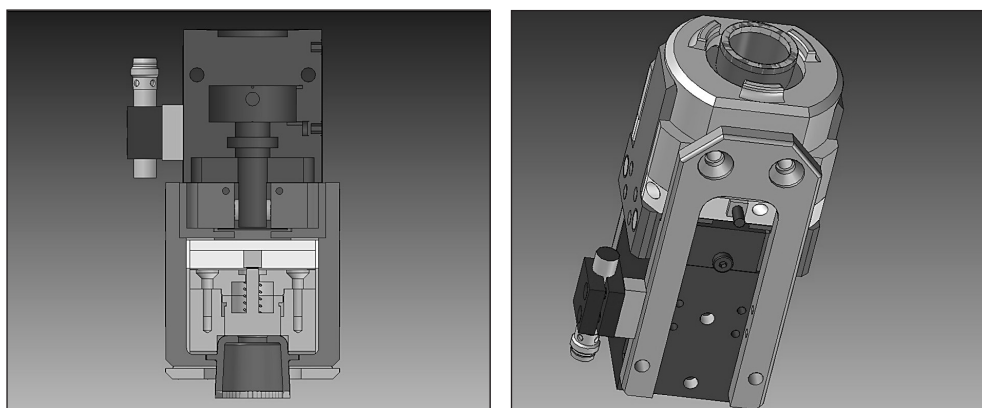
<sup>1</sup> Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Wydział Mechaniczny, Politechnika Lubelska.

uszkodzenia na etapie produkcji [7]. Do detekcji obiektów stosuje się tutaj rozwiązania bazujące na wykorzystaniu czujników mechanicznych, czujników zbliżeniowych, czujników optycznych oraz systemów do rozpoznania obiektów.

## SPOSOBY POZYCJONOWANIA OBIEKTÓW

W układach chwytowych manipulatorów do pozycjonowania obiektów najczęściej wykorzystuje się cechy geometryczne obiektów. Projektując wyroby należy zwracać uwagę na podatność danej konstrukcji na automatyzację wytwarzania. Konstrukcja powinna być tak zaprojektowana by istniały techniczne środki pozwalające na uchwycenie i zapozycjonowanie części.

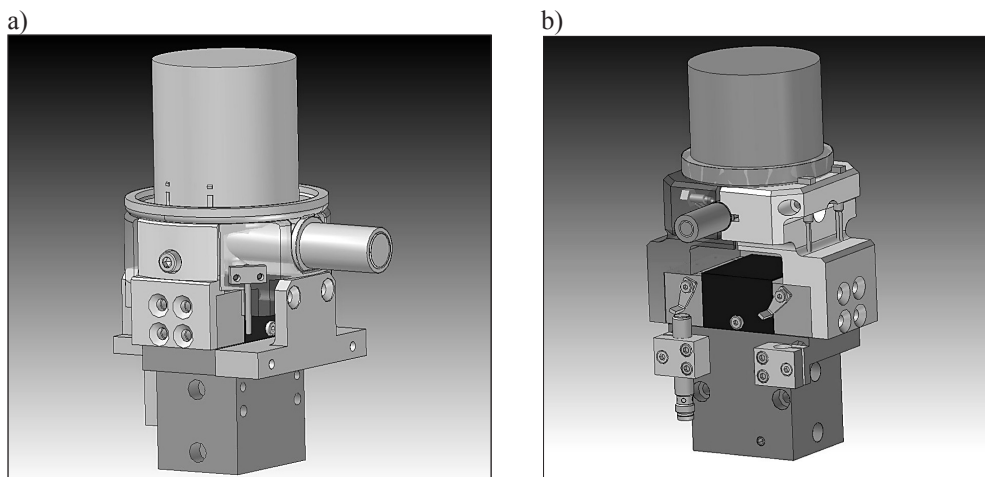
Na rysunku 1 przedstawiono przykład pozycjonowania elementu w chwytaku manipulatora.



**Rys. 1.** Przykład geometrycznego pozycjonowania obiektu w chwytaku manipulatora  
**Fig. 1.** An example of geometrical positioning of object in manipulators gripper

W prezentowanym przykładzie poprzez odpowiednie ukształtowanie szczęk i gniazd chwytaka zapewniono brak możliwości uchwycenia elementów, które będą geometrycznie niezgodne z geometrią gniazda. To rozwiązanie w połączeniu z odpowiednimi systemami detekcji jest skuteczne w większości przypadków.

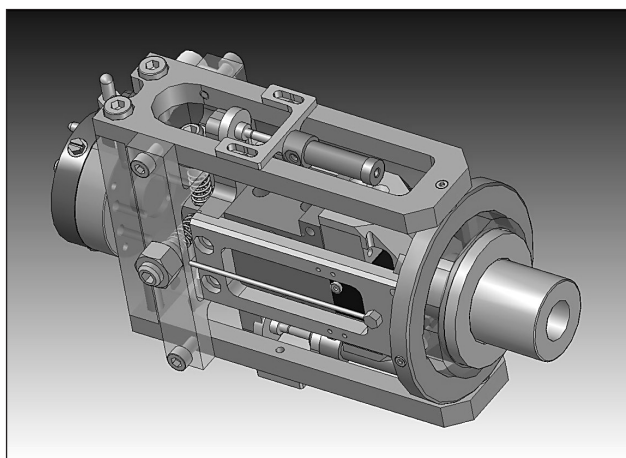
W sytuacjach gdzie elementy mają być pozycjonowane z uwzględnieniem właściwego kontowego ustawienia należy wykorzystać ich odmienność geometryczną (rys. 2a). Jeśli takie nie występują lub są niewystarczające do właściwej weryfikacji asortymentu konstruktor powinien umieścić na detalu elementy charakteryzujące obiekt, które dadzą również możliwość detekcji właściwego położenia elementu. Na rysunku 2b przedstawiono przykład takiego rozwiązania.



**Rys. 2.** a) Przykład geometrycznego pozycjonowania obiektu w chwytaku manipulatora  
 b) Przykład obiektu pozycjonowanego w oparciu o specjalnie wprowadzone punkty charakterystyczne

**Fig. 2.** a) An example of geometrical positioning of object in manipulators gripper  
 b) An example of object positioned basing on specifically introduced characteristic points

W praktyce przemysłowej stosuje się również bardziej złożone systemy pozycjonowania pozwalające na zmianę pozycji przenoszonych obiektów poprzez wykorzystanie uchwytów z obrotem osiowym lub kątowym. Stosowane są również rozwiązania pozwalające na samoczynne dopasowanie elementów przenoszonych w uchwycie manipulatora. Przykład takiego rozwiązania przedstawia rysunek 3.

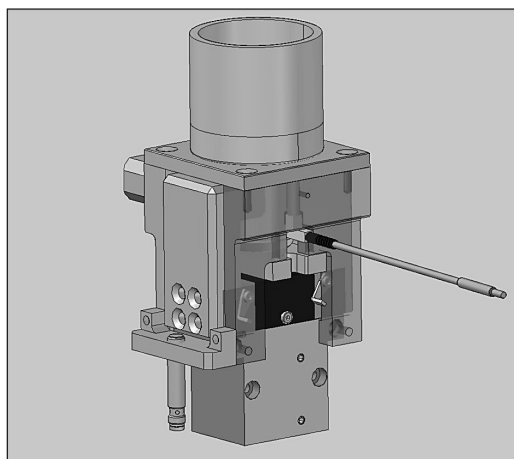


**Rys. 3.** Przykład systemu do samoczynnego pozycjonowania obiektu

**Fig. 3.** An example of system of objects' self positioning

## CZUJNIKI MECHANICZNE DO DETEKCJI OBIEKTÓW

Prostym i funkcjonalnym rozwiązaniem pozwalającym na detekcję obiektów jest wykorzystanie w układach chwytowych czujników mechanicznych. Czujniki te mogą służyć zarówno do potwierdzania obecności dużych jak i małych detali. Działają one w sposób kontaktowy co w niektórych przypadkach wymaga utrzymania docisku detalu do powierzchni oporowej do czasu zaciśnięcia szczęk chwytaka. W przeciwnym razie siła sprężyny czujnika może wypchnąć detal z gniazda bazowego. Przykład rozwiązania wykorzystującego czujnik mechaniczny przedstawiono na rysunku 4.



**Rys. 4.** Przykład wykorzystania czujnika mechanicznego do detekcji obiektu  
**Fig. 4.** An example of applying the mechanical sensor to detect an object

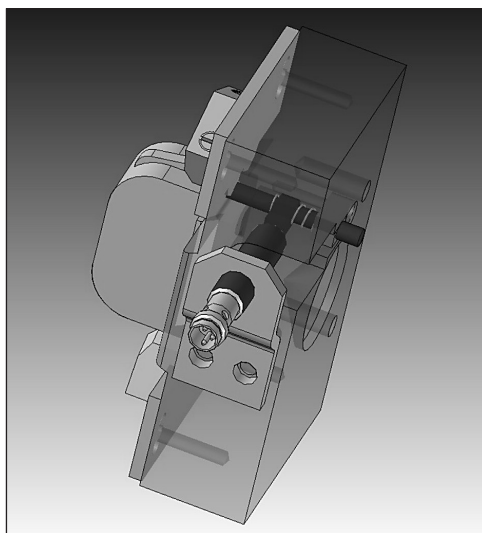
Tego typu czujniki zaleca się stosować wszędzie tam gdzie zastosowanie czujników indukcyjnych jest trudne szczególnie w przypadku detekcji obiektów wykonanych z materiałów nieżelaznych.

## DETEKCJA POPRZEZ CZUJNIKI ZBLIŻENIOWE

Czujniki zbliżeniowe są często stosowane w zautomatyzowanych systemach. Jest to podyktowane w szczególności niskimi kosztami ich użycia. Spośród czujników zbliżeniowych do detekcji używa się czujników indukcyjnych, czujników magnetycznych i czujników pojemnościowych.

Czujniki indukcyjne stosowane są obecnie w większości aplikacji przemysłowych. W porównaniu do czujników mechanicznych nie posiadają stykających i zużywających się elementów, oraz charakteryzują się wysoką częstotliwością i dokładnością przełączeń. Ponadto są odporne na wibracje, kurz i wilgoć. Czujniki

indukcyjne pozwalają na bezdotykową detekcję wszystkich obiektów wykonanych z metali. W przypadku stosowania ich do detekcji w układach chwytowych możliwa jest realizacja ich pracy na dwa sposoby. Czujnik może bezpośrednio wykrywać obecność detali w chwytaku lub realizować to pośrednio poprzez odpowiednio zaprojektowany układ inicjujący (rys. 5).



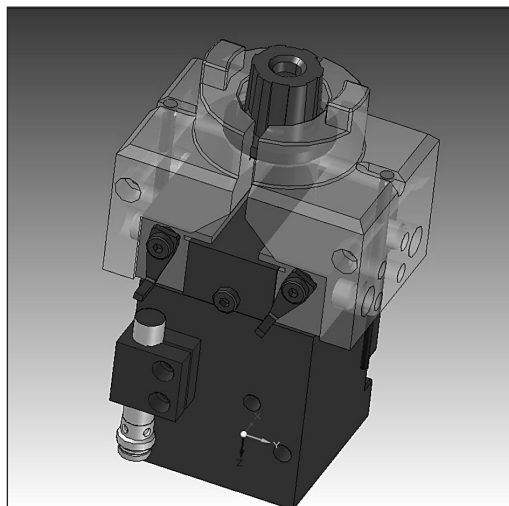
**Rys. 5.** Przykład wykorzystania czujnika indukcyjnego z inicjatorem  
**Fig. 5.** An example of application of the inductive sensor with initiator

Czujniki magnetyczne w systemach sterowania służą do bezdotykowej detekcji obiektów. Stosowane są wszędzie tam gdzie czujniki indukcyjne nie są skuteczne. Ponieważ pole magnetyczne przenika wszystkie materiały niemetalowe czujniki te mogą wykrywać magnesy trwałe poprzez ścianki z metali kolorowych, stali nierdzewnej, aluminium lub tworzyw sztucznych. Z uwagi na konieczność trwałego lub nietrwałego umieszczenia magnesu służącego do detekcji obiektów są one rzadziej stosowane w układach z detekcją pośrednią.

Czujniki pojemnościowe pozwalają na bezdotykową detekcję obiektów również niemetalowych. Z uwagi na ich sposób działania najczęściej wykorzystuje się je do rozpoznawania obecności obiektów wykonanych z tworzyw sztucznych lub szkła.

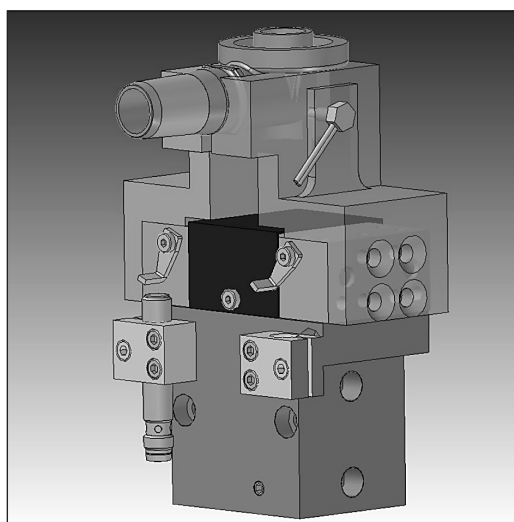
## CZUJNIKI OPTYCZNE

W warunkach przemysłowych niejednokrotnie istnieje konieczność detekcji obiektów, które posiadają niewielkie wymiary geometryczne i są wykonane z tworzyw sztucznych. W takich sytuacjach wykorzystuje się czujniki na światło czerwone lub podczerwień. Czujniki te pozwalają na precyzyjne określenie położenia obiektów.



**Rys. 6.** Bramka optyczna do detekcji obiektów  
**Fig. 6.** Optic gate for object detecton

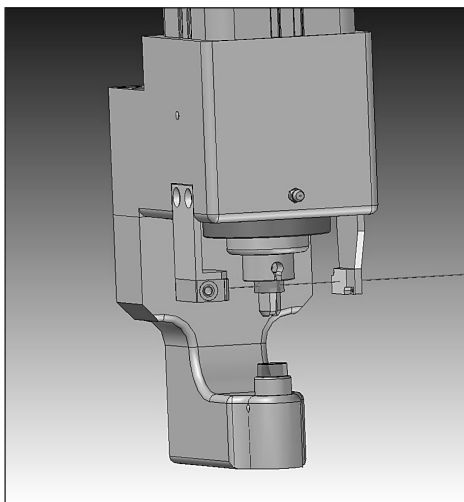
Mogą one pracować jako bramki optyczne (rys. 6), czujniki dyfuzyjne gdzie wykorzystuje się odbicie światła od obiektów (rys. 7) lub czujniki refleksyjne gdzie odbicie następuje od lustra umieszczonego po przeciwnej stronie nadajnika (rys. 8).



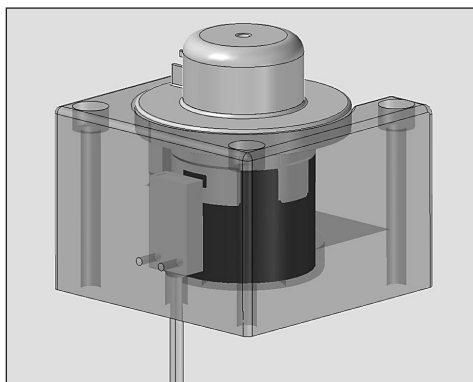
**Rys. 7.** Przykład wykorzystania czujnika dyfuzyjnego do detekcji  
**Fig. 7.** An example of application the diffusive sensor to detect an object

Inną odmianą czujników optycznych są czujniki laserowe. Czujniki te stosuje się wszędzie tam gdzie muszą być wykrywane małe obiekty lub tam gdzie określenie

położenia musi nastąpić ze znacznej odległości. Ich techniczne zasady stosowania są takie same jak dla czujników na światło czerwone lub podczerwień.



**Rys. 8.** Przykład wykorzystania do detekcji czujnika refleksyjnego  
**Fig. 8.** Example of application of reflective photodetector



**Rys. 9.** Przykład wykorzystania do detekcji czujnika rozpoznania koloru  
**Fig. 9.** An example of application the colour sensor to detect an object

W sytuacjach gdy rozróżnienie detali czy też określenie ich właściwej pozycji musi być oparte o wprowadzone na obiektach oznaczenia kolorystyczne wykorzystywane są czujniki rozpoznania kolorów. Czujniki te są bardziej niezawodne i dokładniejsze od ludzkiego oka. Dzięki możliwości wykorzystania określonej kompozycji spektralnej światła emitowanego przez nadajnik są one mało czułe na zmienne warunki związane z oświetleniem zewnętrznym. Przykład zabudowy czujnika rozpoznania koloru do detekcji obiektów i potwierdzania ich pozycji przedstawiono na rysunku 9.

## SYSTEMY WIZYJNEGO ROZPOZNANIA OBIEKTÓW

Czujniki wizyjnego rozpoznania obiektów są coraz powszechniej stosowane szczególnie tam gdzie jest wymagane jednoczesne monitorowanie obecności obiektów, sprawdzanie kompletności montażu, kontrola kompletności zespołów i wyrobów, potwierdzanie poprawności pozycjonowania, przeprowadzanie kontroli jakości i dokonywanie sortowania. Czujniki te mogą być stosowane również w układach 3D co dodatkowo pozwala na dokonywanie pomiarów takich jak odległość czy objętość. Czujniki wizyjne współpracując z odpowiednio skonfigurowanym oprogramowaniem do cyfrowego przetwarzania obrazu pozwalają na dokonywanie wszechstronnej analizy stąd często są określane mianem „elektronicznego oka”. Dzięki tym zdolnościom mogą one zastępować pracę rozbudowanych układów detekcji bądź pracy ludzi, przy tym charakteryzując się doskonałą niezawodnością działania przy zachowaniu niezmiennych warunków pracy.

## PODSUMOWANIE

Rozwój automatyzacji procesów produkcyjnych realizowany na nowoczesnych elastycznych liniach produkcyjnych wymusza konieczność monitorowania procesów na każdym etapie ich realizacji. To sprawia, że istnieje potrzeba zapewnienia technicznych warunków minimalizujących ryzyko powstania błędów związanych z niewłaściwym pozycjonowaniem obiektów w stosowanych układach chwytowych. Zastosowanie odpowiedniej geometrii detali jak i odpowiednie uformowanie gniazd chwytaków pozwala na geometryczne ustalenie właściwej pozycji obiektu. Możliwe do użycia systemy detekcji wspomagają proces pozycjonowania potwierdzając zajęcie przez detal właściwej pozycji niezbędnej do realizacji procesu. Dodatkowo dają one możliwość potwierdzenia lub zidentyfikowania typu detalu jaki jest przenoszony co jest szczególnie istotne przy występowaniu detali podobnych. Ta zdolność pozwala na uniknięcie błędów związanych z niewłaściwym kompletowaniem wyrobów. Do detekcji obiektów mogą być wykorzystywane zarówno czujniki mechaniczne, zbliżeniowe, optyczne jak i systemy do rozpoznania obiektów. Wybór właściwego rozwiązania zależy od specyfiki obiektu czyli jego geometrii, rodzaju materiału z jakiego jest wykonany oraz dokładności jaką musi posiadać czujnik aby zapewnić właściwą detekcję i pozycjonowanie.

## LITERATURA

1. Marciniak M.: Elementy automatyzacji we współczesnych procesach wytwarzania. Obróbka, mikroobróbka, montaż. Politechnika Warszawska, Warszawa 2007.
2. Osiecki A.: Napęd i sterowanie hydrauliczne maszyn: teoria, obliczanie i układy. Politechnika Gdańska, Gdańsk 1995.



3. Domińczuk J.: Systemy transportu na zautomatyzowanych liniach montażowych. *Pomiary-Automatyka-Robotyka* 2/2011. Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów, Warszawa 2011. s. 183-191.
4. Mikulczyński T.: *Automatyka procesów produkcyjnych*. WNT, Warszawa 2009.
5. Pająk E.: *Zaawansowane technologie współczesnych systemów produkcyjnych*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2000.
6. Stamirowski J.: *Elastyczność systemów produkcyjnych w kontekście dynamiki produkcji*. *Postępy Nauki i Techniki*, 9, 2011. s. 38-51.
7. Chlebus E.: *Techniki komputerowe CAx w inżynierii produkcji*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2000.

## **METHODS OF POSITIONING AND OBJECT DETECTION IN THE MANIPULATORS GRIPPING SYSTEMS**

### **Abstract**

The information related to the possibilities of application systems of positioning and objects detection in manipulators gripping systems are presented in the article. Solutions of detection based on using sensors in contact and non-contact systems were described. The paper discusses practical solutions of objects positioning methods as well as requirements that objects have to fulfil that it was technically possible to detect and position them particularly if they are similar elements.

**Keywords:** manipulators, grippers, positioning, detection.