

PRZEMYSŁOWY INSTYTUT AUTOMATYKI I POMIARÓW

440

PIAP

A

Al. Jerozolimskie 202

02-486

Warszawa

Ośrodek Mechatroniki OME

Główny wykonawca: mgr inż. Zbigniew Pilat

Wykonawcy: mgr inż. Mariusz Szlagowski

Nr zlecenia: S1830

Tytuł pracy: Systemy śledzenia geometrycznych parametrów faz w zrobotyzowanych stanowiskach ukosowania blach.

Zleceńodawca: praca statutowa PIAP

DOKUMENT WZORCOWY

Pracę rozpoczęto dnia: 1998.01.05.

zakończono dnia: 1998.04.10.

Kierownik Ośrodka

mgr inż.  Zbigniew Pilat

Dyrektor Pionu

dr inż.  Jan Jabłkowski

Praca zawiera:

egz.:

Rozdzielnik - ilość

stron -- 16
rysunków -- 9
fotografii --
tabel --
tablic --
załączników --

Egz. 1 OME
Egz. 2 OME
Egz. 3 OIN
Egz. 4
Egz. 5
Egz. 6

Nr rej. 7548

4

Analiza deskryptorowa:

ROBOTY I MASZyny DO CIĘCIA BLACH , SYSTEMY POMIAROWE, CZUJNIKI DO POMIARU ODLEGŁOŚCI, ACETYLOWO - TLENOWE CIĘCIE I UKOSOWANIE BLACH, SENSORY, UKOSOWANIE BLACH.

Analiza dokumentacyjna:

Sprawozdanie zawiera analizę przydatności zastosowania czujników pomiaru odległości w projektowanym urządzeniu manipulacyjnym do cięcia blach, opis rozwiązań stosowanych współcześnie oraz perspektywy związane z wprowadzeniem czujników nowego typu.

Tytuły poprzednich sprawozdań:

Niniejsze sprawozdanie jest pierwszym i jedynym dokumentem przedstawiającym przebieg realizacji pracy w zleceniu S1830

Spis Treści

1. Cel pracy.....	4
2. Czujniki pojemnościowe	4
2.1 Sposób działania czujnika	4
2.2 Implementacja czujnika w urządzeniach do cięcia i ukosowania.....	5
3. Czujniki laserowe	7
3.1 Sposób działania czujnika	7
3.2 Dane techniczne rzeczywistych czujników oraz ich implementacja w urządzeniach do cięcia i ukosowania.....	8
4. Sensory wizyjne	10
4.1 Sposób działania czujnika.	10
4.2 Dane techniczne rzeczywistego czujnika oraz ich implementacja w urządzeniach do cięcia i ukosowania.....	11
4.2.1 Opis działania czujnika MetaTorch.....	11
4.2.2 Procesor wizyjny.....	11
4.2.3 Programowanie.....	12
4.2.4 Ważniejsze dane MetaTorch.....	12
5. Czujniki ultradźwiękowe	12
5.1 Sposób działania czujnika	12
5.2 Dane techniczne rzeczywistych czujników oraz ich implementacja w urządzeniach do cięcia i ukosowania.....	13
5.2.1 Wielość wykrywanych obiektów.....	13
5.2.2 Rodzaje wykrywanych przez czujnik materiałów	13
5.2.3 Dane techniczne.....	14
5.2.4 Zalecenia dotyczące montażu.....	14
5.2.5 Wpływ środowiska na pomiar.....	14
5.2.5a Temperatura.....	14
5.2.5.b Obce źródła dźwięku.....	15
5.2.5c Ciśnienie powietrza.....	15
5.2.5.d Wilgoć powietrza.....	15
5.2.5e Przepływ powietrza.....	15
5.2.6 Aplikacja czujnika.....	15
6. Wnioski	16
7. LITERATURA	16

1 Cel pracy

Profile z grubych blach stosowane są powszechnie w przemyśle budowy maszyn. Wykonuje się z nich obudowy, korpusy lub elementy nośne konstrukcji. Do łączenia profili wykorzystuje się najczęściej spawanie. O jakości tych połączeń decyduje odpowiednie przygotowanie brzegów blach pod spoiny, czyli ukosowanie. Operacja ta jest wykonywana najczęściej przy dużym nakładzie pracy ręcznej. Niekiedy zorganizowana jest w cyklu półautomatycznym. Wykorzystuje się w niej np. sekatory zaopatrzone w palniki acetylenowo - tlenowe. Pracownik prowadzi palnik tnący po specjalnej jezdni, w sposób ciągły nadzorując pracę urządzenia. Występują przy tym niekorzystne warunki BHP. Człowiek, przebywając w bezpośredniej bliskości operacji cięcia wdycha szkodliwe pary i tlenki metali, jest narażony na hałas. Metoda ta ma również mankamenty technologiczne. Przejście z fazowania prostoliniowego do fazowania po łuku odbywa się z przerwą, co powoduje pogorszenie jakości powierzchni. Ustawienie urządzenia do pracy, a szczególnie jego przezbieranie na nowy detal jest trudne i czasochłonne. Tych wad nie mają stanowiska automatyczne, w których palnik jest najczęściej prowadzony przez robota przemysłowego lub manipulator. Do ukosowania blach o małych gabarytach zostało wykonane w PIAP-ie stanowisko w skład którego wchodzi robot URP-6, układ pozycjonująco- mocujący, sterownik oraz osprzęt technologiczny do cięcia gazowego. Aplikacja ta została zastosowana w zakładach TAGOR - Tarnogórska Fabryka Urządzeń Górniczych. W obecnej chwili prowadzone są prace nad stanowiskiem mogącym ukosować duże arkusze grubych blach o maksymalnych wymiarach 6x2 m. Schemat ideowy instalacji został pokazany na rys.10 (załącznik). W skład urządzenia wejdzie układ sterowania umieszczony w dwóch szafach, układ pozycjonująco - mocujący, robot portalowy XYZ z dodatkowym stopniem swobody przeznaczonym na utrzymywanie stałej wysokości palnika od materiału obrabianego. Wymóg istnienia dodatkowego stopnia swobody jest uwarunkowany eliminacją następującego problemu technologicznego.

Przy cięciu grubych blach rzędu 30 - 100 mm wydzielana jest duża ilość ciepła. Powierzchnia blachy w pobliżu linii cięcia nagrzewa się co powoduje mniejszą lub większą deformację kształtu arkusza blachy, w zależności od ilości wydzielonego ciepła. Wysokie wymagania odnośnie tolerancji wymiarów wycinanych kształtów, jakie zwykle narzucone są przez odbiorcę produktu, wymuszają zastosowanie autonomicznego systemu regulacji odległości, niezależnego od głównego układu sterowania, który zapewni stałą odległość palnika od powierzchni blachy. Informacją dla sterownika jest wartość odległości pomiędzy palnikiem i powierzchnią obrabianego przedmiotu. Czujnik odbierający tę informację znajduje się blisko strefy cięcia i jest narażony na bardzo niekorzystne warunki pracy takie jak: wysoka temperatura, falowanie rozgrzanego powietrza, odpryski ciętego materiału. Wpływ otoczenia na trwałość czujnika jak i na wiarygodność pomiaru jest w tym przypadku duży. Zasadniczo ogranicza to zakres stosowalności tradycyjnych sensorów.

Celem niniejszej pracy jest przegląd typów czujników, które mogą być zastosowane w maszynach CNC przeznaczonych do cięcia i ukosowania. W dalszej części zostaną przedstawione sposób działania oraz dane tych czujników, które mogą być zastosowane w układzie regulacji odległości palnika.

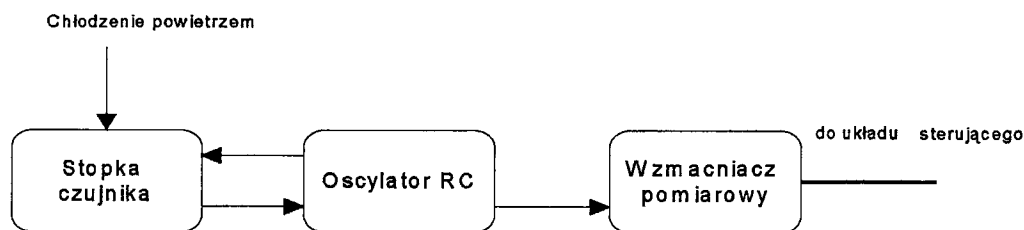
2. Czujniki pojemnościowe

2.1.Sposób działania czujnika

Czujniki pojemnościowe reagują na wprowadzenie w strefę czułości czujnika metali, szkła, tworzyw, drewna itd. Mogą one być stosowane do określania położenia, sygnalizowania poziomu, liczenia obiektów przesuujących się na taśmach transportowych itp.

Działanie czujników pojemnościowych w dużym skrócie polega na analizowaniu wpływu zbliżanego obiektu na pole elektryczne istniejące wokół czulej powierzchni czujnika. Zbliżenie obiektu powoduje zmianę pojemności kondensatora, którego elektrody znajdują się za czułą powierzchnią czujnika.

Wielkość zmian zależy od przewodności materiału, jego stałej dielektrycznej, jak też jego masy powierzchni i odległości od elektrody. Opisywana zmiana pojemności powoduje zmianę generowanego napięcia przez generator RC w czujniku. Po wzmocnieniu sygnał steruje wyjściem. Czułość układu można ustawić potencjometrem znajdującym się w czujniku. W przypadku gdy czujnik działa w układzie dwustanowym definiuje się pojęcie strefy przełączania tzn. odległości od czoła czujnika przy której następuje przełączenie wyjścia. Podobnie jak i dla czujników indukcyjnych tak i tu definiuje się współczynniki korekcyjne strefy działania. Np. metale 1.0, woda 1.0, szkło 0.5, drewno 0.3 - 0.6, olej 0.1. Działanie czujnika charakteryzuje występowanie histerezy. W układach pracujących dwustanowo zapewnia ona jego poprawną pracę np. w obecności drgań urządzenia, w którym czujnik jest zamocowany. Dla czujnika pracującego w układzie pomiaru odległości należy skompensować jej występowanie na drodze programowej. Warunkiem poprawnej pracy czujników jest zasilanie ich stabilnym napięciem. Tętnienie przy zasilaniu napięciem stałym niestabilizowanym nie może przekraczać 10%.



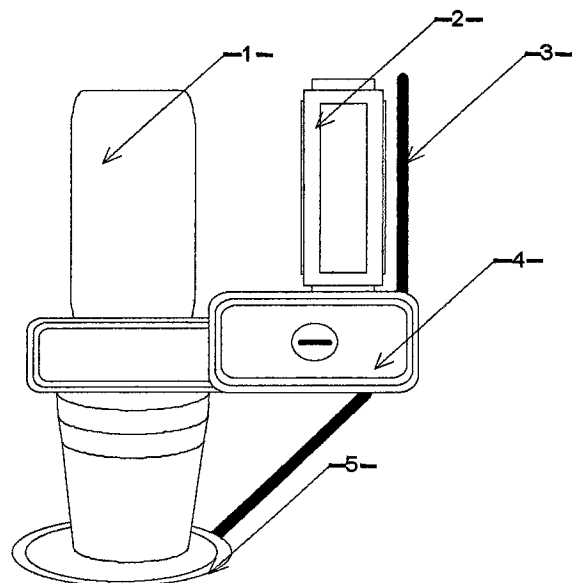
rys 1. Schemat blokowy czujnika pojemnościowego

2.2. Implementacja czujnika w urządzeniach do cięcia i ukosowania.

Czujniki pojemnościowe są najczęściej stosowanymi w układach regulacji odległości palnika od powierzchni przedmiotu obrabianego. Są stosowane w ok. 90% przemysłowych aplikacji, służących do cięcia acetylenowo-tlenowego blach. Używają je tak znani producenci tego typu urządzeń jak np. niemiecka firma Messer-Griesheim czy szwedzki ESAB. Do niewątpliwych zalet tych czujników należy niezbyt duży względny koszt wraz z oprzyrządowaniem (w porównaniu do innych klas czujników) oraz stosunkowo duża niezawodność. Sposób tradycyjnego zamocowania czujnika pojemnościowego w głowicy tnącej został pokazany na rys.2.

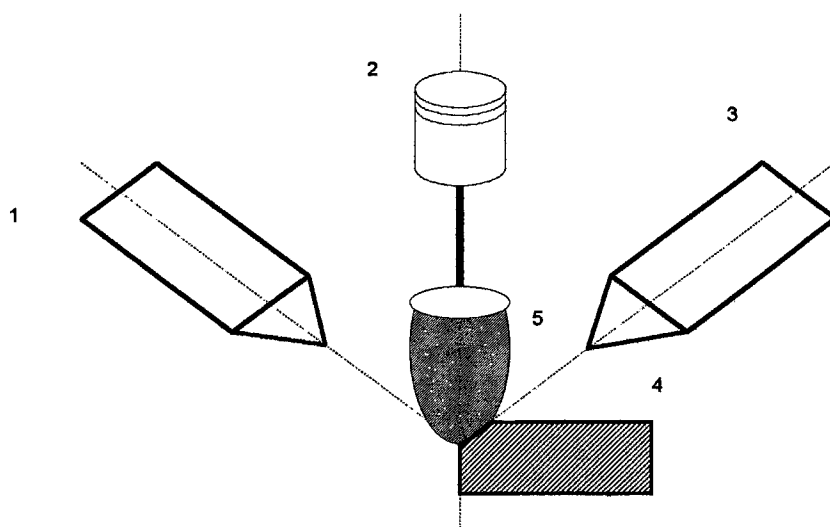
Zakres detekcji tych czujników wynosi 0-10 mm, przy rozdzielczości 5-100um i liniowej tolerancji 5%(FS). Jakość powierzchni, jej ewentualne zabrudzenia np. filmem olejowym nie mają wpływu na dokładność pomiaru. Obszar detekcji jest mniej więcej porównywalny z rzutem pionowym wymiarów okładki kondensatora (pierścienia) na powierzchnie przedmiotu. Czujnik ten jest odporny na działanie wysokich temperatur. Na kolejnych dwóch rysunkach zostały pokazane możliwe sposoby wzajemnego rozmieszczenia palników ukosujących i czujnika pojemnościowego. Rysunek rys.3 przedstawia sytuację gdy czujnik znajduje się w osi prostopadłej do powierzchni przedmiotu, przechodzącej przez punkt przecięcia się osi palników. Takie umiejscowienie czujnika nie wydaje się być dobrym rozwiązaniem. Głównym mankamentem jest to, że w obszarze detekcji może występować

nieciągłość powierzchni np. otwór w arkuszu blachy. Wówczas nie wiadomo jak w takiej sytuacji zachowa się czujnik. Może przesłać sygnał, że nagle stracił kontakt z badanym przedmiotem i układ sterujący będzie starał się ten uchyb skompensować, co doprowadzi do uszkodzenia obrabianego przedmiotu i głowicy tnącej. Czujnik może też na podstawie informacji z części obszaru detekcji przesłać do regulatora odpowiednią wartość sygnału odpowiadającą rzeczywistej odległości. Odpowiedź na te pytania można będzie otrzymać dopiero po przeprowadzeniu niezbędnych badań.

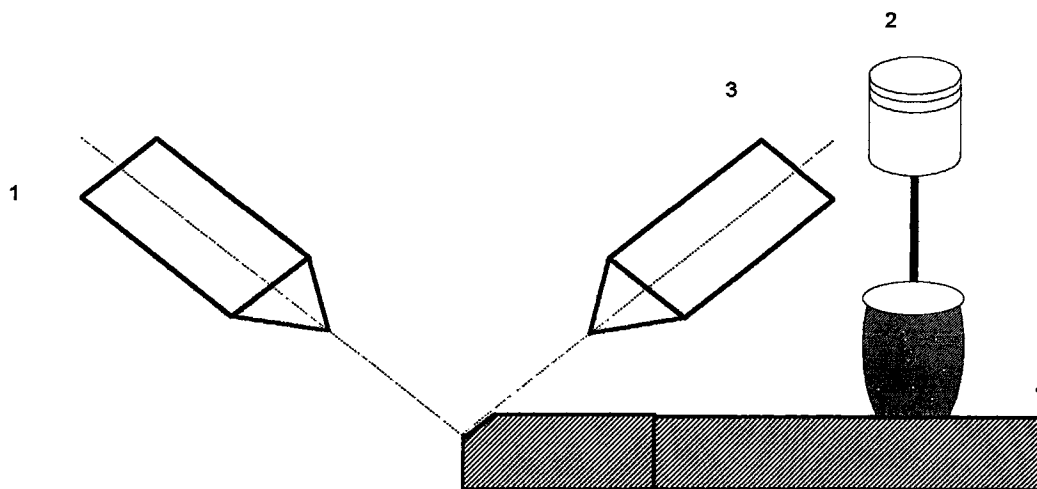


rys 2. Sposób tradycyjnego zamocowania czujnika pojemnościowego w głowicy do cięcia termicznego.

gdzie: 1-palnik acetylenowo-tlenowy, 2-czujnik pojemnościowy(wyjście BNP do układu wzmacniacza analogowego), 3- przewód dostarczający powietrze do chłodzenia pierścienia 5, 4- uchwyt mocujący, 5- pierścień, służący jako jedna z okładek kondensatora.



Rys 3. Schemat blokowy nr 1. wzajemnego usytuowania palników fazujących i czujnika pojemnościowego



Rys 4. Schemat blokowy nr 2. wzajemnego usytuowania palników fazujących i czujnika pojemnościowego

gdzie: 1- palnik ukosujący lewy, 2-czujnik pojemnościowy, 3-palnik ukosujący prawy, 4- obrabiany przedmiot, 5- wiązka detekcyjna.

Na rys. 4 czujnik został umieszczony w pewnej odległości od osi prostopadłej do powierzchni przedmiotu przechodzącej przez punkt przecięcia się osi palników. Także i to rozwiązanie ma swoje wady. Aby można było wykorzystać palnik oznaczony nr 1, musi być zastosowany drugi czujnik, który będzie znajdował się po jego stronie. Dopiero wówczas zachodzi pełna symetryczność. Problemem wymagającym jeszcze rozwiązania jest zczytywanie danych z obu czujników i ich weryfikacja. Autonomiczny układ sterujący musi na podstawie znanej a priori wiedzy o kształcie obrabianego detalu wiedzieć, który z czujników posiada właściwe dane, a który np. znajduje się dokładnie nad uskokiem powierzchni. Wydaje się, że opisane ostatnie rozwiązanie jest najlepsze, jednak wymaga obecności dwóch czujników i dodatkowo założenia niewystępowania blisko siebie dwóch lub większej liczby otworów lub innych uskoków powierzchni. Rozdzielczość zależy wtedy proporcjonalnie od odległości czujnika do najbliższego palnika.

3. Czujniki laserowe

3.1. Sposób działania czujnika

Laserowy czujnik odległości działa na zasadzie pomiaru czasu powrotu wiązki odbitej od obiektu i jej intensywności. W skanerach laserowych instaluje się obrotowe zwierciadło, przez obracanie którego uzyskuje się efekt omiotania przestrzeni wiązką lasera. Można już spotkać takie rozwiązania, w których nie ma zwierciadła, a obracany jest cały generator wiązki - wymaga to jednak szybkich i precyzyjnych układów nadążnych - silniczki krokowe. Najczęściej stosowanym generatorem wiązki są laserowe diody półprzewodnikowe emitujące światło widzialne. Na wyjściu czujnika otrzymuje się sygnał analogowy, który po przejściu przez

wzmacniacz jest wykorzystywany przez sterownik autonomiczny. Sygnał wyjściowy ma z reguły standardową wartość 4 - 20 mA.

3.2. Dane techniczne rzeczywistych czujników oraz ich implementacja w urządzeniach do cięcia i ukosowania.

W trakcie poszukiwań informacji dotyczących sensorów, pracujących w tak trudnych warunkach jakie mają miejsce podczas cięcia grubych blach, zostały znalezione trzy rzeczywiste rozwiązania. W przeciwieństwie do innych czujników, ich producenci podali pewne dane technologiczne odnośnie dokładności i rozdzielczości pomiaru. Dane te wraz z krótką charakterystyką każdego urządzenia zostały podane poniżej.

Laserowy przetwornik odległości MXIC - IDEC

Jest to mały, szybki, zintegrowany, przyrząd do pomiaru odległości w zakresie 60 - 160 mm z rozdzielczością 0.05 mm i dokładnością ok. 0.5mm. Sygnał wyjściowy prądowy 4-20mV. Nadaje się do celów pozycjonowania a także do kontroli poprawnego montażu.

✓
mA

Czujnik laserowy - CLOSS

Jest to czujnik w zasadzie przeznaczony do automatów spawalniczych. Oprócz przydatnej dla nas funkcji detekcji odległości posiada także funkcje typowe dla oceny procesu spawania np. rozpoznawanie początku i końca szczeliny przeznaczonej do wypełnienia spoiwem, kontrolę wymiarów szwu. Ten typ sensora skanuje powierzchnie (efekt omiotania przestrzeni wiązką lasera). Można ustawić zakres skanowania powierzchni. Dodatkowo czujnik może zmieniać kąt śledzenia w czasie ruchu (dodatkowy stopień swobody). Dokładność pozycjonowania jest porównywalna z poprzednim czujnikiem. Odległość od mierzonego przedmiotu wynosi maksymalnie 90mm. Fotografia czujnika przedstawiająca jego wygląd oraz sposób zamocowania na głowicy spawającej została zamieszczona poniżej.

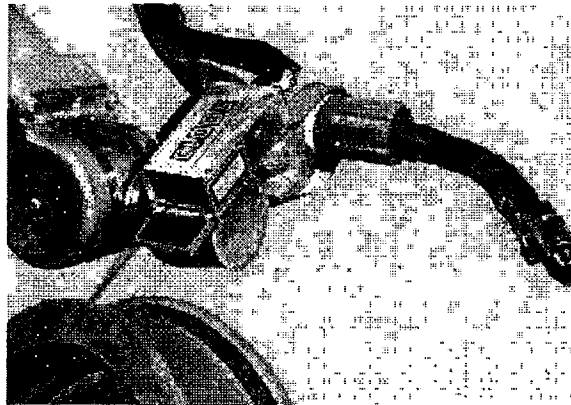


rys5. Czujnik laserowy - firma CLOSS

Czujnik CLDS - firma CLOSS

Jest to czujnik, który dzięki swoim rozbudowanym możliwościom może być także przeznaczony do automatów spawalniczych. Dokładność pozycjonowania jest porównywalna z poprzednim czujnikiem. Odległość od mierzonego przedmiotu wynosi maksymalnie 90mm, zaś obszar pomiarowy ± 30 mm. Do cech wyróżniających go od innych tego typu czujników należy zaliczyć umiejętność rozpoznawania różnego kształtu krawędzi powierzchniowych, duża szybkość działania podczas procesu skanowania. Czujnik jest zabezpieczony dodatkowo przed wpływem zbyt wysokiej temperatury i innymi mechanicznymi uszkodzeniami. Jeżeli czujnik stwierdzi, że panujące warunki otoczenia mogły by spowodować jego uszkodzenie to wówczas zamyka klapkę zabezpieczającą. (widoczna na rys.6). Czujnik posiada dodatkowo wbudowany system chłodzenia sprężonym powietrzem.

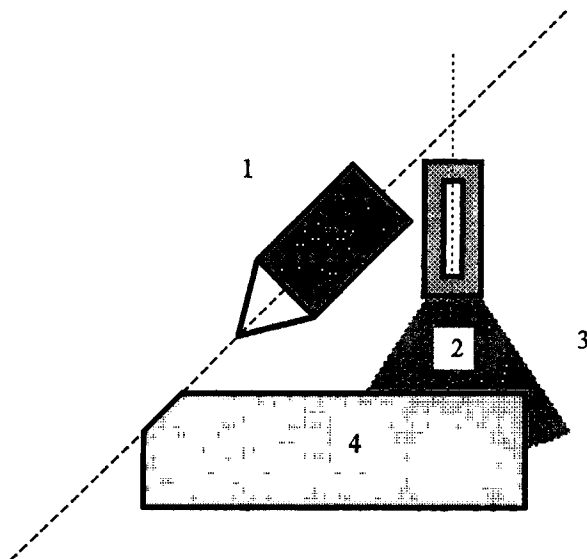
Fotografia czujnika przedstawiająca jego wygląd oraz sposób zamocowania na głowicy spawającej została zamieszczona poniżej.



rys 6 Czujnik CLDS - firma CLOSS

Na kolejnym rysunku pokazano możliwy sposób wzajemnego rozmieszczenia palnika ukosującego i czujnika laserowego. Rysunek rys. 7 przedstawia sytuację gdy czujnik znajduje się w osi prostopadłej do powierzchni przedmiotu, nie przechodzącej przez punkt przecięcia się osi palników. Takie umiejscowienie czujnika jest dobrym rozwiązaniem. Aby można było wykorzystać drugi palnik (nie pokazany na rysunku), musi być zastosowany drugi czujnik, który będzie znajdował się po jego stronie. Występuje tutaj ten sam problem co przy aplikacji czujnika pojemnościowego - odpowiednie wykorzystanie informacji przekazywanych przez czujniki. Autonomiczny układ sterujący musi na podstawie znanej a priori wiedzy o kształcie obrabianego detalu wiedzieć, który z czujników posiada właściwe dane, a który np. znajduje się dokładnie nad uskokiem powierzchni. Mankamentem powyższego rozwiązania jest redundancja ilości czujników i dodatkowo założenia niewystępowania blisko siebie dwóch lub większej liczby otworów lub innych uskoków powierzchni. Rozdzielczość zależy wówczas proporcjonalnie od odległości czujnika do najbliższego palnika. Dodatkowym utrudnieniem jest właściwie zamocowanie czujnika. Aby pomiar nie był obarczony dużym błędem powinien być zamontowany prostopadle do kierunku cięcia ($\pm 5\%$). Występuje tu problem miniaturyzacji głowicy detekcyjnej (problemy z optyką). Detekcja odbywa się poprzez soczewkę. Bliskość głowicy powoduje, że jest ona narażona na gorące odpryski, falowanie

powietrza itd. Warunki te zakłócają pomiar. Najpoważniejszą jednak wadą jest potrzeba zachowania prostopadłości. Dopuszczalne odchylenie wynosi zaledwie kilka stopni. Najnowsze rozwiązania tego typu czujników posiadają własny stopień swobody i wewnętrzny system kontroli prostopadłości, lecz są bardzo drogie. Szacunkowy koszt z oprzyrządowaniem jest 4 - 5 razy większy niż np. czujnika pojemnościowego.



rys 7 Schemat blokowy wzajemnego usytuowania palników fazujących i czujnika

gdzie: 1- palnik ukosujący, 2-wiązka skanująca powierzchnię, 3- czujnik laserowy, 4- obrabiany przedmiot.

4. Sensory wizyjne

4.1. Sposób działania czujnika

Zasada działania sensorów wizyjnych jest podobna do zasady działania czujników laserowych. Najważniejszą różnicą jest budowa odbiornika sygnału. Czujniki te służą do określania odległości, kształtu i położenia obiektów. Sensor jest niewielkich rozmiarów, zwartej budowy o szerokim zakresie pomiarowym, pracuje w czasie rzeczywistym i charakteryzuje się dużą odpornością na zakłócenia. Może być zamocowany w niewielkiej odległości od palnika. Sensor wizyjny składa się z dwóch modułów - nadajnika i odbiornika. Typowy nadajnik zawiera matrycę złożoną z kilkudziesięciu elementów LED, emitujących promieniowanie o określonej długości np. 950nm. Nadajnik sterowany jest przez autonomiczny system sterowania oparty na procesorze wizyjnym. Nadzoruje on sekwencje skanowania, określa prędkość skanowania i inne operacje. Odbiornik zawiera układ optyczny i detektor - sygnały przesyłane są do systemu sterowania, gdzie są opracowywane i generowane wyniki pomiaru. Podczas skanowania uaktywniony jest tylko jeden określony element i emitowany jest promień świetlny wysyłany w kierunku obiektu - pozycja źródła światła w odniesieniu do osi optycznej jednoznacznie określa kierunek promienia. Plamka świetlna na powierzchni obiektu jest widziana przez odbiornik - linia łącząca odbiornik z oświetlonym punktem tworzy kąt odbicia promienia. Odległość od obiektu jest wyliczana przy

wykorzystaniu zasady triangulacji. Aktywizując kolejne elementy LED uzyskuje się obraz powierzchni obiektu. Czas skanowania wynosi 80ms. Na rynku w chwili obecnej dostępne są czujniki różnym zakresie działania - od kilku centymetrów do kilku metrów. Sensory o zakresach do 1m. mają dokładność ok. 0.5%, do 2m. ok. 1% i ok. 3% dla zakresu do 3m. Mogą one być stosowane dla obiektów o różnych kształtach, różnej strukturze powierzchni i dla różnych materiałów.

W najnowszych rozwiązaniach technicznych stosuje się sieci neuronowe do analizy otrzymanych wyników. Umożliwia to zamocowanie kamery z dala od miejsca spawania. Dzięki wykorzystaniu sieci neuronowych manipulator inteligentnie reaguje na zmiany zachodzące w polu widzenia kamery. Sieć zostaje nauczona wcześniej wielu możliwych wzorców i wariantów sytuacji. Do plusów można zaliczyć to, że kamera może widzieć obraz bez ograniczeń spowodowanych przez głowicę jak i to, że sieć może otrzymać zaszumiony niewyraźny obraz i dobrze go zinterpretować.

4.2. Dane techniczne rzeczywistego czujnika oraz ich implementacja w urządzeniach do cięcia i ukosowania.

W trakcie poszukiwań istniejących rozwiązań natrafiono na ciekawy opis czujnika wizyjnego MetaTorch firmy RTR RHEINMETALL TZN ROBOT VISION. MetaTorch jest czymś więcej niż tylko sensorem. Jest to kompletny pakiet softwerowy i elektroniczny, współpracujący z różnymi typami robotów, dający pełną informację nie tylko o odległości obrabianego przedmiotu od narzędzia ale także informacje o geometrii miejsca obróbki. Poniżej zamieszczony został opis czujnika i systemu przetwarzającego informacje o obrazie oraz opis komunikacji autonomicznego układu sterowania czujnika z układem sterowania robota. Są to ważne informacje, których znajomość jest niezbędna do zaprojektowania poprawnie działającej aplikacji czujnika w projektowanym urządzeniu do cięcia i ukosowania blach.

4.2.1 Opis działania czujnika MetaTorch

Czujnik MetaTorch montuje się na istniejącej głowicy tnącej. Dwustanowy laser oparty na ciele stałym, umieszczony wewnątrz sensora emituje pas światła strukturalnego w poprzek linii cięcia. Kamera znajdująca się także wewnątrz czujnika skanuje powierzchnie tuż przed głowicą i odbiera odbitą wiązkę lasera. W zależności od kształtu powierzchni przedmiotu w miejscu wycinania, odbity promień lasera formuje się w pewien wzór, który jest charakterystyczny dla geometrii wokół szczeliny cięcia. Orientacja kamery może być kontrolowana przez silnik skokowy, który stanowi integralną część konstrukcyjną czujnika. Upraszcza to dostęp głowicy do skomplikowanego kształtu i pozwala śledzić linie zakrzywione, upraszczając algorytm sterowania i eliminując zbędne ruchy robota. Informacja o przestrzennym kształcie miejsca obróbki jest dalej przekazywana do procesora wizyjnego.

4.2.2 Procesor wizyjny

Procesor wizyjny MetaTorch przetwarza dane otrzymane z czujnika i na ich podstawie wyznacza wymiary geometryczne szczeliny cięcia, jej rozmiar i przekrój oraz usytuowanie przestrzenne. W tym samym czasie odbiera w sposób ciągły informacje od sterownika robota o proponowanych ruchach robota. Specjalistyczne oprogramowanie śledzące proces wylicza następnie dokładną pozycję. Jeżeli obliczone dane różnią się, to procesor wizyjny wysyła korektę do sterownika robota w celu zabezpieczenia poprawnej realizacji zadanego programu wycinania (ukosowania). Poprawki w pozycji głowicy są dokonywane w płaszczyźnie pionowej jak i poziomej.

Procesor wizyjny zatwierdza również informacje o zmianach w wymiarach szczeliny i obszaru detekcji dla sterownika robota. Umożliwia to uporządkowanie parametrów cięcia. Analiza i nadzór MetaTorch odbywa się w czasie rzeczywistym.

4.2.3 Programowanie

Programowanie systemu MetaTorch jest proste. Wygodne menu prowadzi krok po kroku użytkownika do zaprogramowania określonego zadania. Czas przeprogramowania MetaTorch i załadowania do pamięci nowych plików z danymi jest bardzo mały. W typowych aplikacjach programowanie MetaTorch dla przypadku cięcia przestrzennego, odbywa się w dwóch fazach. Najpierw robot jest uczony ręcznie standardowej trajektorii. W fazie drugiej „wizyjnej”, czujnikowi pokazuje się obszar oraz miejsce cięcia. Jest to pół-automatyczny proces w którym operator współdziała z systemem np. wprowadza wstępne dane, odpowiada na pytania systemu. W tej fazie MetaTorch uczy się lokalnego kształtu powierzchni obrabianego przedmiotu we wszystkich punktach w których nastąpi wycinanie. Wiedza ta umożliwia systemowi przeprowadzenie dokładnych poszukiwań, oceny występujących wypukłości i otworów w komponentach.

4.2.4 Ważniejsze dane MetaTorch

1. Kąt nachylenia głowicy z czujnikiem +/- 30 stopni
2. Znajdowanie pojedynczych punktów strefy cięcia
3. Nadążanie za linią cięcia w czasie rzeczywistym
4. Pomiar w czasie rzeczywistym wymiarów geometrycznych
5. Utrzymanie głowicy tnącej w odpowiednim punkcie cięcia.
6. Utrzymanie odpowiedniej odległości głowicy od obrabianego materiału.
7. Dopasowanie właściwych parametrów obróbki
8. Ciągła kontrola sterowania silnika krokowego kamery w celu utrzymania właściwej orientacji czujnika.

Analizując parametry techniczne występujących czujników MetaTorch wybrano modele serii MS500. Charakteryzują się one między innymi tym, że mogą być zamontowane bez problemu na głowicy tnącej użytkownika oraz tym, że nadają się do procesu cięcia blach o dużej grubości. Odporne są na wydzielane ciepło. W projektowanym stanowisku mogą być umieszczone w osi prostopadłej do powierzchni materiału i przechodzącej przez punkt przecięcia się osi palników. Taki sposób zamocowania wynika z dużego skanowanego obszaru powierzchni oraz z tego, że dane wyjściowe z tego inteligentnego czujnika zawierają informacje nie tylko o odległości od przedmiotu ale także o trójwymiarowym kształcie miejsca cięcia. Ich wadą jest cena przekraczająca cenę czujnika pojemnościowego wraz z oprzyrządowaniem 6-krotnie. Standardowe pole obserwacji kamery wynosi 25, 35, 55 mm² z dokładnością w najgorszym przypadku ± 0.8 mm. System MetaTorch posiada jeszcze jedną bardzo ważną zaletę. Może on również stosowany w aplikacjach nierobotowych. Komunikacja pomiędzy komputerem a obrabiarką oraz sterowanie procesem odbywa się za pośrednictwem oprogramowania napisanego w języku JPI Modula 2. Komputer lub sterownik PCL połączony jest ze stanowiskiem pomiarowym poprzez złącze AT-BUS.

5. Czujniki ultradźwiękowe.

5.1. Sposób działania czujnika

Głównym elementem czujnika ultradźwiękowego jest piezoceramiczny integralny generator fali. W zależności od typu, może transmitować intensywny sygnał o częstotliwości od 90 do

120 kHz impulsowany z okresem z przedziału (0.03, 0.15) s. Ten sam element, który emituje fale jest użyty jako odbiornik. Czujnik ultradźwiękowy mierząc opóźnienie czasowe pomiędzy falą wysłaną i falgą odbitą od powierzchni obiektu docelowego, wytwarza sygnał wyjściowy proporcjonalny do szukanej odległości.

Czujniki ultradźwiękowe są stosowane głównie do detekcji i pomiarów odległości w jakiej znajduje się obiekt od czoła czujnika. Na wynik ich działania nie ma wpływu typ materiału, jego kolor i kształt. Minimalny rozmiar obiektu i maksymalne dopuszczalne kątowe przemieszczenie obiektu względem wiązki ultradźwiękowej są uwarunkowane wykonaniem detekcji nie obciążonej błędem. Czujnik może pracować w trudnych warunkach np. w otoczeniu pary wodnej, zakurzenia, mgły, falowania powietrza itd. Maksymalna temperatura pracy wynosi ok. 80 °C. Duży zakres detekcji (nawet do kilku metrów) i mały błąd względny pomiaru odległości pozwalają odsunąć czujnik na taką odległość od obiektu i źródła ciepła, że nie będzie on narażony na uszkodzenie.

W robotyce służą one najczęściej do rozpoznawania otoczenia i pomiarów odległości od obiektów. Czasem spotyka się rozwiązania konstrukcyjne, w których czujniki tworzą listwy lub macierze. W tym drugim przypadku, dane po wstępnej obróbce mogą być dalej przetwarzane przy użyciu algorytmów stosowanych dla obrazów wizyjnych. W tego typu urządzeniach typowym zabiegiem jest ustalenie odpowiedniej sekwencji wyzwalania poszczególnych czujników macierzy, co ma zapobiegać wzajemnemu ich zakłócaniu.

5.2. Dane techniczne rzeczywistych czujników oraz ich implementacja w urządzeniach do cięcia i ukosowania.

Poniżej zostały zebrane i zaprezentowane podstawowe dane techniczne czujników ultradźwiękowych Honeywell-a (seria 946). Są to dodatkowe ważne informacje, których znajomość jest niezbędna do zaprojektowania poprawnie działającej aplikacji czujnika w projektowanym urządzeniu do cięcia i ukosowania blach.

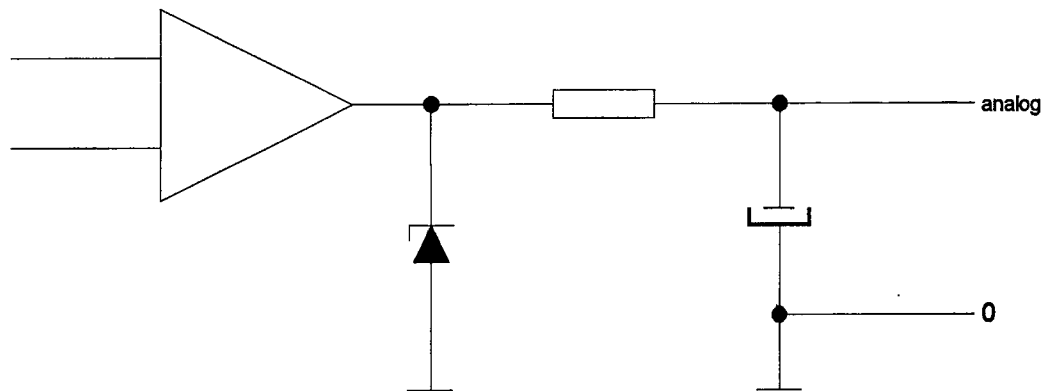
5.2.1. Wielkość wykrywanych obiektów

Aby czujnik był zdolny do wykrywania obecności przedmiotu w zakresie swojej maksymalnej nominalnej odległości detekcji to musi zostać odpowiednio pobudzony układ odbiornika fali akustycznej. Układ ten ma pewien ustalony próg wartości odbieranego sygnału. W zależności od rodzaju czujnika obszar detekcji powinien wynosić od 2cm² do 500cm². Mniejsze obiekty mogą być także wykryte lecz dla odległości mniejszej od odległości nominalnej. Im większa odległość pomiędzy czujnikiem a przedmiotem, tym większa powinna być powierzchnia tego przedmiotu

5.2.2 Rodzaje wykrywanych przez czujnik materiałów.

Czujnik może wykrywać obiekty i obliczać odległość od nich, niezależnie od ich stanu fizycznego. Mogą one być ciałami stałymi, cieczami czy być w postaci proszku. Stan zewnętrznej powierzchni obiektu jest ważny do wyznaczenia odpowiedniej wartości odpowiedzi przez sensor ultradźwiękowy. Idealne odbicia są otrzymywane z płaskich, gładkich powierzchni o maksymalnej szorstkości 0.2mm. Warunkiem dodatkowym jest to, aby wielkość powierzchni była większa lub przynajmniej równa powierzchni minimalnej obiektu wymienionej w punkcie poprzednim. Nawet zakrzywione powierzchnie takie jak kule i walce dają użyteczny sygnał odbity. Materiał może mieć powierzchnię jasną lub o dowolnej innej barwie, matowej lub lśniącej. Pewne ograniczenie nominalnego obszaru detekcji może wystąpić w przypadku materiałów absorbujących fale dźwiękową (futro, wata, guma). Dalszym ograniczeniem jest grubość materiału. Powinna ona wynosić minimum 0.01 mm

5.2.3 Dane techniczne.



rys 8.. Schemat analogowego wyjścia czujnika ultradźwiękowego

Wyjście analogowe czujnika ultradźwiękowego dostarcza napięcie o zakresie 0 10V typ UA, 0 5V typ UM, lub prąd o wartościach od 4 do 20 mA . Jeżeli nie ma żadnego obiektu w obrębie obszaru detekcji wyjściowe napięcie jest równe około 14V dla typu UA lub około 10V dla typu UM. Kiedy obiekt znajdzie się w polu działania czujnika, wyjściowe napięcie spada do poziomu który jest proporcjonalny do odległości w obrębie cyklu (30 --- 150 ms) w zależności od ustawień urządzenia. Napięcie zmienia się z każdym ruchem obiektu względem czujnika. Poziom napięcia powraca do 14 lub 10V i pozostaje takie, kiedy obiekt przemieszcza się poza obszar detekcji. Widoczny na schemacie kondensator(zwykle ok. 22 uF) powoduje wygładzenie sygnału wyjściowego .

Także i te czujniki wymagają odpowiednich warunków jeżeli chodzi o zasilanie. Zmiana jego wartości nie powinna być większa niż 10%. Czujniki ultradźwiękowe charakteryzują się małym zużyciem prądu ok. 50 – 70 mA w zależności od modelu.

5.2.4 Zalecenia dotyczące montażu

Ustawienie czujnika pod kątem większym niż zaleca producent może spowodować błędy w pomiarze odległości. Wynika to z tego, że zbyt mała wartość sygnału ulegnie odbiciu i tym samym mniejsza jego wartość zostanie odebrana przez odbiornik czujnika ultradźwiękowego. Maksymalne odchylenie kątowe powinno zawierać się w granicach do $\pm 10^\circ$, w zależności od nominalnego dystansu przełączania, oraz rodzaju powierzchni, jej gładkości i wielkości obiektu. W niektórych wypadkach kąt ten może zostać podwyższony nawet do 60° , jeżeli obiekt jest dostatecznie duży z nierówną powierzchnią.

5.2.5 Wpływ środowiska na pomiar

5.2.5a Temperatura

Prędkość dźwięku w powietrzu zmienia się mniej więcej $\pm 0.17\%$ na $^\circ\text{C}$. Praca w wysokiej temperaturze wpływa negatywnie też na pracę samego czujnika. W zakresie nominalnym temperatur -20 - 50 $^\circ\text{C}$ spadek wartości napięcia wyjściowego wynosi 9 mV / $^\circ\text{C}$ począwszy od temperatury normalnej 20 $^\circ\text{C}$. Dla przykładu , jeżeli obiekt znajduje się w odległości

500mm i analogowy sygnał wynosi 5V dla temperatury 20°C, to dla temperatury 30 °C, będzie wynosił 4.91V.

Bardzo duże różnice temperaturowe w obrębie obszaru detekcji mogą spowodować aberracje dźwięku lub rozpraszanie. Zjawiska te będą wówczas fałszowały wyniki pomiaru lub uniemożliwią jego przeprowadzenie.

5.2.5b Obce źródła dźwięku

Ponieważ czujnik pracuje w wysokiej częstotliwości 90 - 210 kHz, zależnie od typu, jest praktycznie niewrażliwy na zakłócenia spowodowane szumem zewnętrznym. Wpływ mogą mieć tylko intensywne pola dźwięku dużych elementów nadawczych o paśmie przenoszenia 80 .. 100kHz znajdujących się wewnątrz stożka detekcji.

5.2.5c Ciśnienie powietrza

Zmiany w ciśnieniu atmosferycznym nie mają wpływu na wynik pomiaru.

5.2.5d Wilgoć powietrza

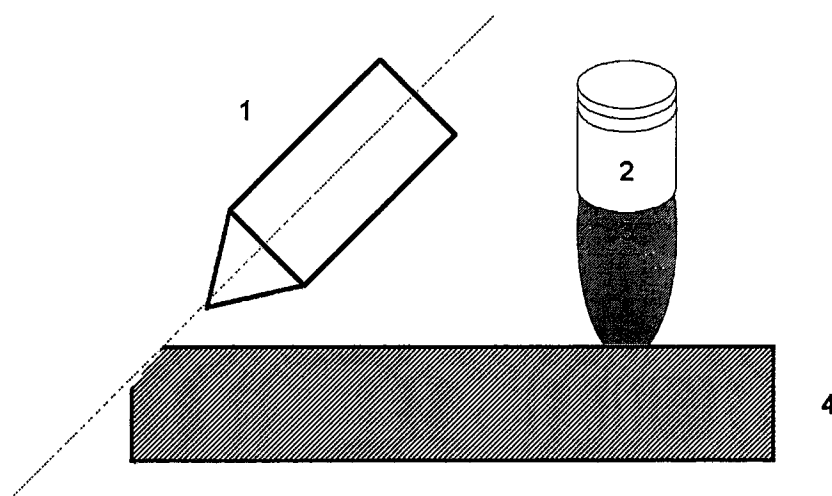
Wilgoć powietrza nie ma istotnego wpływu na funkcje sensora w warunkach przemysłowych.

5.2.5e Przepływ powietrza

Zmiana prędkości dźwięku spowodowana przez stałe zmiany kierunku i prędkości przepływu powietrza i wynikające turbulencje nie może być wyjaśniona. Przepływ powietrza większy niż 20 m/s może źle oddziaływać na proces detekcji.

4.2.6 Aplikacja czujnika

Na rysunku rys.9 pokazano możliwy sposób wzajemnego rozmieszczenia palnika ukosującego i czujnika laserowego. Podobnie jak w przypadku czujnika pojemnościowego najlepszym rozwiązaniem jest to, w którym czujnik znajduje się w osi prostopadłej do powierzchni przedmiotu, nie przechodzącej przez punkt przecięcia się osi palników. Aby można było wykorzystać drugi palnik (nie pokazany na rysunku), musi być zastosowany drugi czujnik, który będzie znajdował się po jego stronie. Występuje tutaj ten sam problem co przy aplikacji czujnika pojemnościowego, który musi być rozwiązany przez autonomiczny układ sterowania.



rys 9. Schemat blokowy wzajemnego usytuowania palnika fazującego i czujnika ultradźwiękowego

gdzie: 1- palnik ukosujący lewy, 2- czujnik ultradźwiękowy, 3- wiązka detekcyjna 4- obrabiany przedmiot.

Najważniejszą jednak wadą aplikacji z czujnikiem ultradźwiękowym jest wpływ temperatury na pomiar. Taki wniosek można wyciągnąć na podstawie informacji zawartych w punkcie **4.2.5a** tego opracowania. Problemem jest tutaj nie tyle wpływ temperatury na sam czujnik i jego elektroniczne oprzyrządowanie lecz zjawiska fizykochemiczne zachodzące w powietrzu, których kompensacja może być niemożliwa przez układ sterujący (aberracja powietrza, rozpraszanie się wiązki ultradźwiękowej) i których wpływ na dokładność procesu pomiarowego nie jest jednoznaczny.

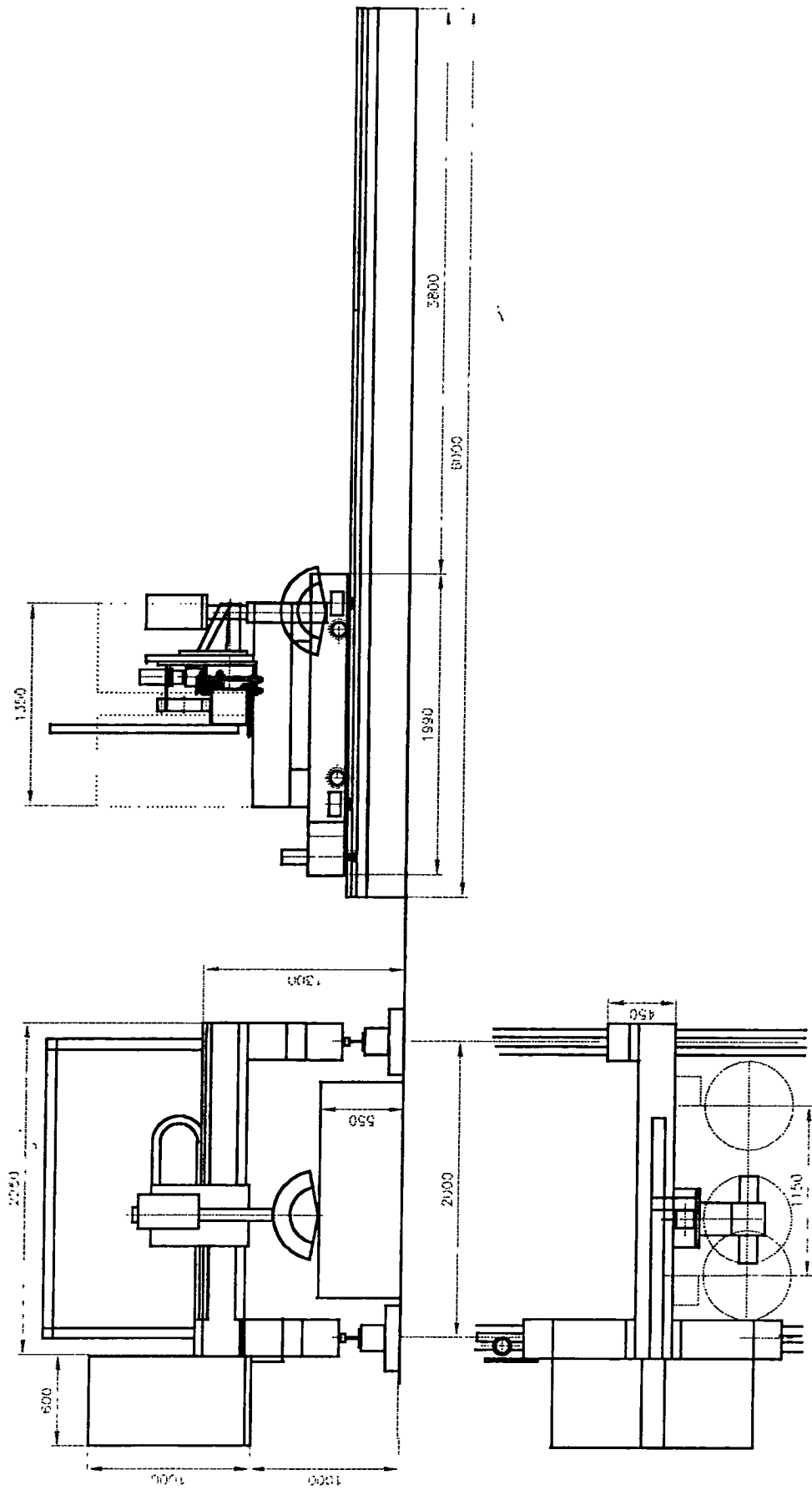
6. Wnioski

Problem zachowania stałej odległości palnika od powierzchni obrabianego przedmiotu jest problemem ważnym. Wymaganie to szczególnie nabiera znaczenia w przypadku ukosowania, w którym nawet minimalna różnica w prowadzeniu palnika powoduje duże błędy w wymiarach fazy. W niniejszym opracowaniu przedstawiono typy czujników, które mogą zostać zastosowane w procesie zbierania i przesyłania informacji o odległości i trójwymiarowym kształcie przedmiotu w miejscu obróbki. Wykonano także wstępną ocenę przydatności ich zastosowania w projektowanym urządzeniu do ukosowania. Podsumowując zebrane informacje można pokusić się o stwierdzenie, że najlepszym rozwiązaniem w tym przypadku była by aplikacja z systemem wizyjnym. Daje ona najwięcej informacji o scenie obróbki, tzn nie tylko informacje o odległości ale także i o trójwymiarowym kształcie. Wadą jest wysoka cena takich zestawów. Zwykle z czujnikiem sprzedawany jest również system przetwarzający informację wizyjną i komunikujący się ze sterownikiem nadrzędnym. Podobne zalety i wady posiadają systemy laserowe. Ciągłe najlepsze możliwości za rozsądną cenę oferuje czujnik pojemnościowy. Jest odporny na niekorzystne warunki pracy, a dokładność pomiaru nie odbiega zbyt od systemów wizyjnych i laserowych. Informacja jaką dostarcza do sterownika nadrzędnego zawiera tylko wartość odległości pomiędzy jego powierzchnią czynną i powierzchnią przedmiotu. Aplikacja z czujnikiem ultradźwiękowym raczej nie powinna być brana pod uwagę w projektowanym urządzeniu. Zbyt duże fluktuacje temperatur zmieniają właściwości propagacji fali dźwiękowej co ma istotny wpływ na dokładność pomiaru.

Analizując wszystkie za i przeciw najlepszym rozwiązaniem wydaje się być wybór czujnika pojemnościowego pracującego w zmodyfikowanym systemie pokazanym na rys.4 i opisanym w rozdziale 1.2.

7. LITERATURA

- 1. Materiały reklamowe firm Honeywell, RTR Rheinmetall TZN Robot Vision, Balluff, Messer Griesheim Schneiden- Schweisstechnik**
- 2. Strony internetowe firm ESAB, CLOSS.**



Rys.1 Stanowisko ukosowania blach.

Marek Kudawski