

Układ pomiarowy korygujący wskazania cyfrowych systemów odczytu położenia

W referacie przedstawiono wyniki pomiarów dokładności pozycjonowania narzędzia na wiertarce współrzędnościowej za pomocą cyfrowego systemu odczytu położenia z jednym liniałem. Zaproponowano sposób wyeliminowania błędu wskazań powstającego w skutek przekaszania się stołu obrabiarki.

The measure system correcting reading a position of digital systems

In the paper it is shown measurement result of positioning a toll by means of digital system reading position with one straight-edge on jig drilling machine. There is also a suggestion method of elimination results error created in consequence of by luz machine tool's table.

1. PRZYCZYNY NIEDOKŁADNOŚCI WSKAZAŃ STOŁU WIERTARKI

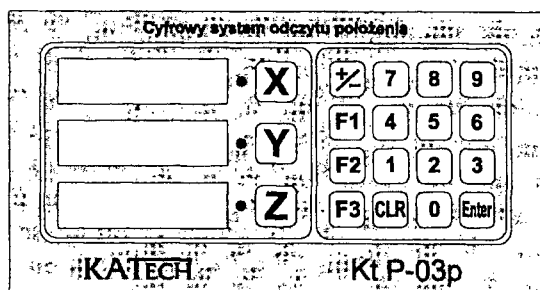
Obecnie coraz więcej maszyn wyposaża się w cyfrowe systemy odczytu położenia (CSOP). W wielu wypadkach wynik pomiaru obarczony jest dużym błędem. Przykładem maszyny, w której cyfrowy system odczytu położenia nie spełnia w pełni swojego zadania, jest wiertarka współrzędnościowa (koordynatka). Maszyny te głównie wykorzystywane są do wykonywania otworów o dokładnym rozstawie osi, na przykład otworów pod kolumny w wykrojnikach i formach wtryskowych. Urządzenia te w osi Y mają mały ruch roboczy, a co za tym idzie krótkie sanie i łożo. Stół tej wiertarki w osi Y przesuwa się po łożyskach rolkowych, rozstawionych w odległości około 1 metra. Po dłuższym czasie użytkowania powstaje luz i stół przekasza się. Wpływa to na błąd wskazań położenia stołu.

2. CYFROWE SYSTEMY ODCZYTU POŁOŻENIA

Systemy serii Kt P-xxp są budowane w wersji jedno-, dwu- i trójosiowej. Dzięki prostej budowie są niezawodne i bardzo wygodne w obsłudze.

W standardzie posiadają takie funkcje jak:

- reset (zerowanie wyświetlacza),
- preset (wpis wymiaru),
- zmianę kierunku liczenia.



Rys. 1. Cyfrowy system odczytu położenia

Cyfrowy system odczytu położenia (CSOP) jest najprostszym systemem, który może stanowić wyposażenie urządzeń pomiarowych. Szczególnie szerokie zastosowanie te systemy znalazły w obrabiarkach do pozycjonowania i pomiaru położenia. Dodatkowo systemy te mogą być wyposażone w port transmisji szeregową RS 232C lub w transmisję równoległą (45 transmisji na sekundę) oraz w dowolną funkcję na życzenie klienta.

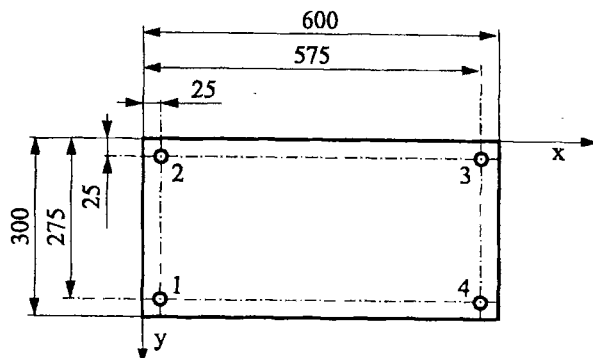
CSOP do maszyn i urządzeń produkowane są w dwóch podstawowych grupach, jako sterowniki tokarkowe i frezarkowe. W standardzie sterownik frezarkowy (Kt F-xxp) jest wykonany jako urządzenie dwu lub trzosiowe. Dodatkowo wzbogacony jest on o funkcję pozycjonowania narzędzia. Sterownik tokarkowy (Kt T-xxp) występuje w wersji dwu i jednoosiowej. Przystosowany jest on do współpracy z suwmiarką elektroniczną, która służy do pomiaru średnicy podczas bazowania noży. Sterownik ten wzbogacony jest o funkcję bazowania czterech noży. Funkcja ta daje możliwość odczytu rzeczywistej średnicy toczonego materiału, niezależnie od tego, którym nożem wykonujemy tę średnicę.

Specyficznym systemem jest sterownik Kt K-02p. Przystosowany jest on do współpracy z układem korygującym wskazania położenia w wiertarkach współrzędnościowych. Od podstawowego systemu pomiarowego różni się on tym, iż w osi y zamontowane są linały i dwa układy wejściowe. Procesor odbiera wskazania kolejno z dwóch linałów, sumuje je, i dzieli przez dwa. Pozostałe operacje są wykonywane analogicznie jak w pozostałych urządzeniach serii Kt P-xxp.

3. ANALIZA DOKŁADNOŚCI POMIARU POŁOŻENIA

W wiertarce współrzędnościowej zamocowanie linału pomiędzy prowadnicami jest praktycznie niemożliwe, gdyż szczelina pomiędzy maszyną o stołem wynosi zaledwie 40 mm. W związku z tym linał mocowany jest z boku maszyna, za prowadnicą rolkową.

Rozważmy wykonanie otworów pod kolumny w formie wtryskowej jak na rysunku 2.



Rys. 2 Rozstaw otworów pod kolumny w formie wtryskowej

Przyjmując układ współrzędnych jak na rysunku 2 i 3, współrzędne otworów są następujące: otwór nr 1 – (25, 275), nr 2 – (25, 25), nr 3 – (575, 25) i otwór nr 4 – (575, 275). Prowadnice mają współrzędną X: pierwsza (I) $x_1 = (-200)$ i druga (II) $x_2 = (800)$.

Wpływ przekosu stołu na wynik pomiaru jego położenia mierzono w sposób następujący:

- stół przesunięto maksymalnie w kierunku +Y zgodnie z rysunkiem 3, $y_{\max} = 375$,
- zablokowano możliwość przesuwu po prowadnicy II (współrzędna $x_{II} = 900$),
- czujnik zegarowy z_1 ustawiono na stole wiertarki współrzędnościowej na współrzędnej ($x_I = -300$),
- końcówkę czujnika oparto o sztywny wspornik przymocowany do maszyny, a czujnik wyzerowano,
- pokręcając śrubą pociągową zgodnie z ruchem wskazówek zegara odczytywano wskazanie czujnika z_1 ,
- pokręcając śrubą pociągową w kierunku przeciwnym odczytywano wskazanie czujnika z_1 ,
- wskazania czujnika sumowano i rejestrowano,
- czynność tę wykonywano trzykrotnie,

Następnie wykonywano te same operację dla prowadnicy II, i tak:

- zablokowano możliwość przesuwu po prowadnicy I (współrzędna $x_I = -300$),
- czujnik zegarowy z_2 ustawiono na stole wiertarki współrzędnościowej na współrzędnej ($x_{II} = 900$),
- pokręcając śrubą pociągową odczytywano wskazania czujnika z_2 ,
- wskazania czujnika sumowano i rejestrowano,
- czynności powyższe powtórzono dla współrzędnych y równych: 325, 275, 225, 175, 125, 75, 25, oraz - 25.

Wyniki pomiarów błędów wskazań położenia stołu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Błąd wskazań położenia stołu z zamontowanym jednym liniałem

Miejsce badania względem początku układu współrzędnych y [mm]	Przesunięcie na prowadnicy I δ_{x1} [mm]	Przesunięcie na prowadnicy II δ_{x2} [mm]	Maksymalny błąd wykonania otworu (liniał zamocowany przy prowadnicy I), b_1 [mm]	Maksymalny błąd wykonania otworu (liniał zamocowany przy prowadnicy II), b_2 [mm]
375	0,52	0,54	$\pm 0,13$	$\pm 0,135$
325	0,48	0,51	$\pm 0,12$	$\pm 0,2525$
275	0,44	0,48	$\pm 0,11$	$\pm 0,12$
225	0,42	0,44	$\pm 0,105$	$\pm 0,11$
175	0,40	0,42	$\pm 0,10$	$\pm 0,105$
125	0,42	0,45	$\pm 0,105$	$\pm 0,1125$
75	0,44	0,48	$\pm 0,11$	$\pm 0,12$
25	0,50	0,52	$\pm 0,125$	$\pm 0,13$
-25	0,56	0,58	$\pm 0,14$	$\pm 0,145$

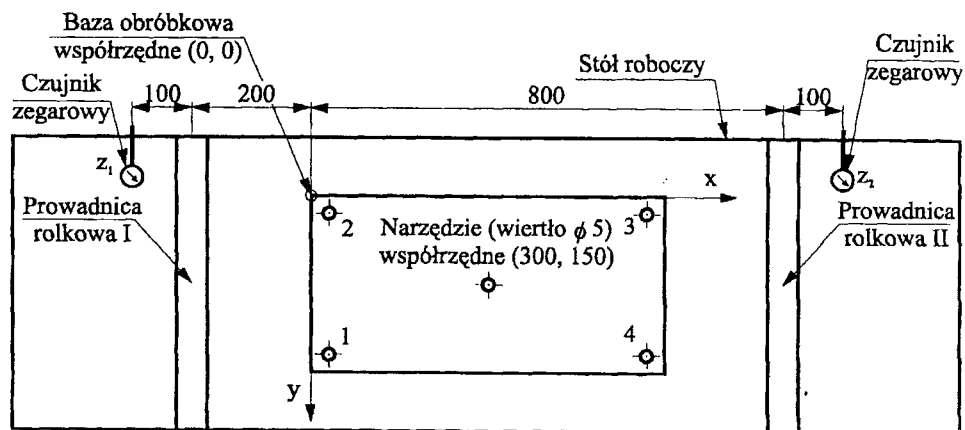
Przy zamocowaniu linału przy prowadnicy I maksymalny błąd rozstawu otworów pod kolumny w formie wtryskowej wyniesie:

$$\delta_1 = b_{11} + b_{12} = b_{14} + b_{13} = \pm 0,11 \pm 0,125 = \pm 0,235 [mm], \quad (1)$$

natomiast przy zamocowaniu linału przy prowadnicy II błąd ten wyniesie:

$$\delta_2 = b_{21} + b_{22} = b_{24} + b_{23} = \pm 0,12 \pm 0,13 = \pm 0,25 [mm]. \quad (2)$$

Błędy te dodatkowo mogą być powiększone o błąd wskazań linału, który dla linału o długości 400 mm wynosi, do $\pm 0,04$ mm [2].



Rys. 3. Miejsce mocowania formy wtryskowej (rys. 2.) na stole obrabiarki.

Uzyskane z obliczeń błędy rozstawu otworów pod kolumny sprawdzono na obrabiarce. Linał zamocowano za prowadnicą II (współ. 900) i wykonano otwory w blaszce stalowej zgodnie z rysunkiem 2. Blacha mocowana była jak na rysunku 3. Otrzymane wyniki potwierdziły wcześniejsze obliczenia i błąd wyniósł od $-0,260$ mm do $0,215$ mm. Przy czym błąd wskazań linału na całej jego długości wahał się w granicach $-0,005$ do $-0,035$.

4. ISTOTA PRACY UKŁADU KORYGUJĄCEGO WSKAZANIA POŁOŻENIA

Aby wyeliminować błąd pomiaru położeni powstający wskutek przekazania się stołu należy zastosować układ korygujący błąd wskazań. Układ taki składa się z dwóch linałów pomiarowych zamontowanych po dwóch stronach maszyny za prowadnicami oraz specjalnego czytelnika położenia sumującego wskazania linałów.

Program na mikrokontroler różni się od programu podstawowego tylko tym, iż odbiera sygnał z dwóch linałów, sumuje ich wskazania i dzieli przez dwa.

W celu zbadania poprawności pracy układu korygującego przeprowadzono badania porównawcze dokładności wskazań w układzie:

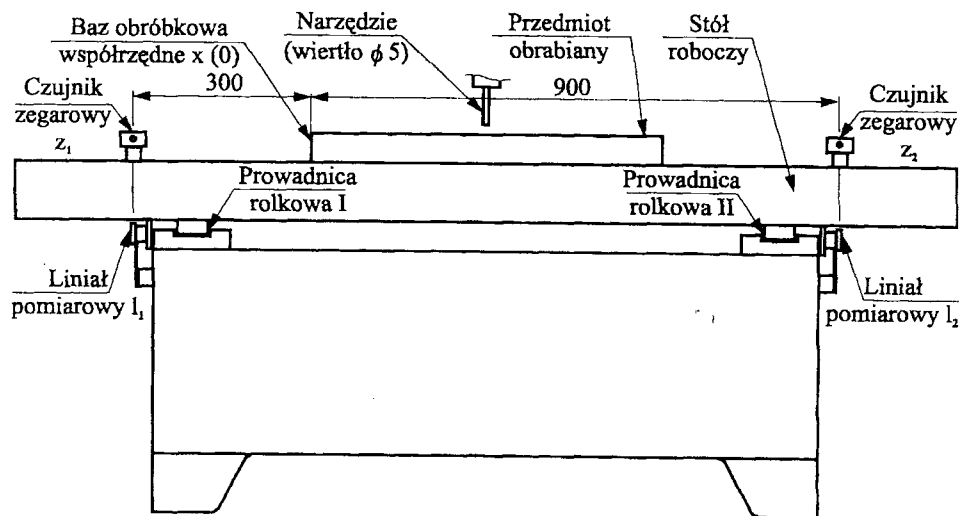
a) linał (l_1) zamocowany przy prowadnicy I,

b) linał (l_2) zamocowany przy przewodnicy II,

c) linały (l_1 i l_2) zamocowany przy przewodnicy I i II (z układem korygującym).

W tym celu zamontowano na wiertarce współrzędnościowej dwa linały l_1 i l_2 typu MAJLa-E o długości 420 mm i rozdzielczości 0,01 mm oraz dwa czujniki zegarowe z_1 i z_2 .

Na rysunku 4 pokazano miejsce zamontowania linałów pomiarowych i czujników zegarowych na wiertarce współrzędnościowej.



Rys. 4. Miejsce mocowania linałów i czujników na wiertarce współrzędnościowej.

Na tak przygotowanym stanowisku przeprowadzono pomiary dokładności wykonania płyty przedstawionej na rysunku 2, zamocowanej na stole obrabiarki jak na rysunku 3. Błąd rozstawienia otworów, różnicę pomiędzy wymiarem nominalnym, a uzyskanym, pod kolumny w formie wtryskowej przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Błąd rozstawienia otworów wykonanych w formie wtryskowej

Numer płyty	wariant a δ_a [mm]	wariant b δ_b [mm]	wariant c δ_c [mm]
1	0,12	-0,08	0,01
2	-0,08	0,06	0,00
3	0,09	0,07	0,02
4	0,16	0,12	0,01
5	-0,14	0,13	-0,01
6	0,10	-0,06	0,00
7	0,11	0,02	0,01
8	-0,09	-0,10	-0,02

Na podstawie wyników przedstawionych w tabeli 2 można stwierdzić, że po zastosowaniu układu korygującego błąd wskazań CSOP zmalował o rząd wielkości ($\delta_c \ll \delta_a \approx \delta_b$).

5. WYNIKI POMIARU POŁOŻENIA Z ZASTOSOWANIEM UKŁADU KORYGUJĄCEGO

W celu sprawdzenia dokładności wskazań położenia, po zastosowaniu układu korygującego, wykonano następujące badania:

- stół przesunięto maksymalnie w kierunku +Y zgodnie z rysunkiem 3, $y_{\max} = 375$,
- zablokowano możliwość przesuwu po prowadnicy II,
- czujnik zegarowy z_1 ustawiono na stole wiertarki współrzędnościowej na współrzędnej ($x_1 = -300$),
- końcówkę czujnika oparto o sztywny wspornik przymocowany do maszyny, a czujnik wyzerowano,
- pokręcając śrubą pociągową zgodnie z ruchem wskazówek zegara odczytywano wskazanie czujnika z_1 oraz wskazanie położenia przez CSOP,
- pokręcając śrubą pociągową w kierunku przeciwnym odczytywano wskazanie czujnika z_1 oraz CSOP,
- obliczano błąd dla prowadnicy I, według wzoru:

$$k_1 = \frac{\delta_{x1} - \delta w_1}{2}, \quad \text{gdzie; } \delta w_1 = |w_1 - w_2|. \quad (3)$$

Błąd wskazań przedstawia tabela 3.

Tabela 3. Błąd wskazań położenia stołu po zastosowaniu układu korygującego

Miejsce badania	δ_{x1} [mm]	δw_1 [mm]	δ_{x2} [mm]	δw_2 [mm]	k_1 [mm]	k_2 [mm]
375	0,52	0,24	0,54	0,26	+0,02	0,01
325	0,48	0,23	0,51	0,25	0,01	+0,005
275	0,44	0,22	0,48	0,24	0,00	0,00
225	0,42	0,21	0,44	0,22	0,00	0,00
175	0,40	0,20	0,42	0,22	0,00	-0,01
125	0,42	0,20	0,45	0,23	+0,01	-0,005
75	0,44	0,21	0,48	0,25	+0,01	-0,01
25	0,50	0,23	0,52	0,27	+0,02	-0,01
-25	0,56	0,25	0,58	0,31	+0,02	-0,02

Następnie wykonywano te same operacje dla prowadnicy II, i tak:

- zablokowano możliwość przesuwu po prowadnicy I (współrzędna $x_1 = -300$),
- czujnik zegarowy z_2 ustawiono na stole wiertarki współrzędnościowej na współrzędnej ($x_{11} = 900$),
- pokręcając śrubą pociągową odczytywano wskazania czujnika z_2 oraz CSOP,

– obliczano błąd dla prowadnicy II, według wzoru:

$$k_2 = \frac{\delta_{x2} - \delta w_2}{2}, \quad \text{gdzie; } \delta w_2 = |w_1 - w_2|. \quad (4)$$

– czynności powyższe powtórzono dla współrzędnych y równych: 325, 275, 225, 175, 125, 75, 25, oraz - 25.

W tabelach 1, 2, 3 oraz w tekście poszczególne symbole oznaczają:

δ_{x1} – przesunięcie na prowadnicy I przy zablokowanej prowadnicy II, równe wskazaniu czujnika zegarowego z_1 ,

δ_{x2} – przesunięcie na prowadnicy II przy zablokowanej prowadnicy I, równe wskazaniu czujnika zegarowego z_2 ,

b_1 – maksymalny błąd wykonania otworu (liniał zamocowany przy prowadnicy I),

b_2 – maksymalny błąd wykonania otworu (liniał zamocowany przy prowadnicy II),

δ_1 – maksymalny błąd rozstawu otworów (liniał zamocowany przy prowadnicy I),

δ_2 – maksymalny błąd rozstawu otworów (liniał zamocowany przy prowadnicy II),

$\delta_{11} = \delta_{14} = b_1$, dla $y = 25$

$\delta_{12} = \delta_{13} = b_1$, dla $y = 275$

$\delta_{21} = \delta_{24} = b_2$, dla $y = 25$

$\delta_{22} = \delta_{23} = b_2$, dla $y = 275$

δ_a – błąd wykonania otworów w płycie zgodnie z rysunkiem 2, z wykorzystaniem liniału l_1 ,

δ_b – błąd wykonania otworów w płycie zgodnie z rysunkiem 2, z wykorzystaniem liniału l_2 ,

δ_c – błąd wykonania otworów w płycie zgodnie z rysunkiem 2, z wykorzystaniem liniału l_1 i l_2 , oraz układu korygującego,

w_1 – wskazanie liniału l_1 ,

w_2 – wskazanie liniału l_2 ,

k_1 – maksymalny błąd wykonania otworu z wykorzystaniem układu korygującego i zablokowanej prowadnicy II,

k_2 – maksymalny błąd wykonania otworu z wykorzystaniem układu korygującego i zablokowanej prowadnicy I,

δw_1 – różnica między wskazaniem liniału l_1 a l_2 , przy zablokowanej prowadnicy II,

δw_2 – różnica między wskazaniem liniału l_1 a l_2 , przy zablokowanej prowadnicy I,

6. PODSUMOWANIE

Jak wynika z tabel 1 i 3 zastosowanie cyfrowego systemu odczytu położenia z układem korygującym zmniejsza błąd wskazania o rząd wielkości. W układzie pomiarowym bez układu korygującego maksymalny błąd wynosił 0,145 mm, natomiast w układzie z korekcją 0,02 mm. W układzie skorygowanym błąd ten spowodowany był niedokładnością wskazań linii pomiarowych.

Cyfrowy system odczytu położenia z układem korygującym w pełni spełnia swoje zadania jako dokładny układ pomiarowy. Prócz tego jest wygodny w obsłudze, wykonaniu i konserwacji.

LITERATURA

- [1] Karty katalogowe firmy KATECH, ul. Zapiecek 25, 15-342 Białystok, tel./fax. (085) 631-097.
- [2] Norma zakładowa VIS-106, Przyrządy suwmiarkowe cyfrowe [elektroniczne] – wymagania techniczne.
- [3] Siemieniako F., Dzierżek K.: Sterowniki typu Kt – xxx stosowane w obrabiarkach do pozycjonowania i pomiaru położenia. Tendencje rozwojowe w procesach produkcyjnych. Zielona Góra, wrzesień 1997.