

GEODEZYJNE BADANIA TOKARKI Z ZASTOSOWANIEM TECHNIKI ŚWIATŁOWODOWEJ

Kazimierz Ćmielewski

Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania geodezyjne tokarki z wykorzystaniem światłowodowego sygnalizatora celu. Omówiono technologię pomiarów wraz z projektem tarczy ze światłowodowym sygnalizatorem celu oraz zaprezentowano przykładowe wyniki testów tarczy oraz jej zastosowanie do pomiarów tokarki.

Słowa kluczowe: pomiary geodezyjne, instrumenty geodezyjne, światłowody

WSTĘP

Rozwinięta i sprawnie funkcjonująca infrastruktura techniczna kraju ma doniosłe znaczenie dla gospodarki narodowej. Szczególnym składnikiem infrastruktury technicznej są obrabiarki. Służą one przede wszystkim do maszynowej obróbki za pomocą skrawania powierzchni metalu oraz innego rodzaju materiałów (np. tworzyw sztucznych) stanowiących części i elementy budowy maszyn, narzędzi i przyrządów.

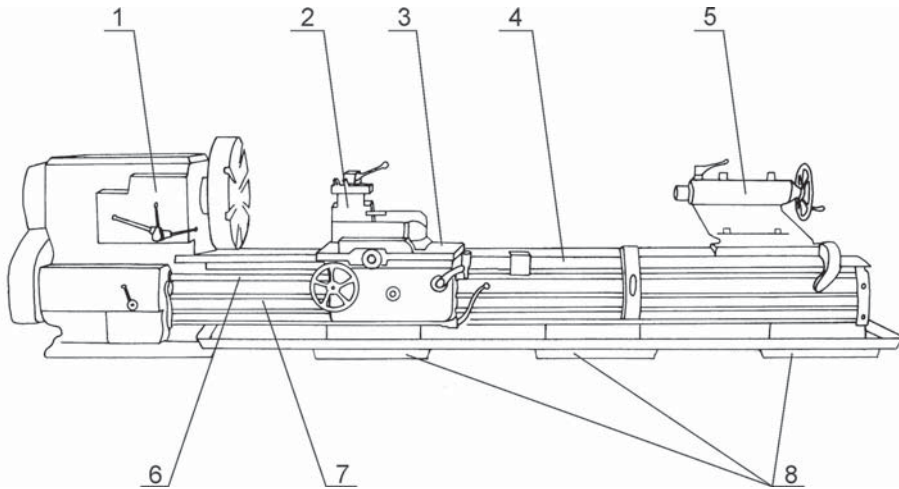
W przemyśle krajowym pracuje kilkaset tysięcy obrabiarek do metali, w tym systematycznie ulega powiększeniu liczba obrabiarek sterowanych numerycznie.

Obrabiarki są maszynami dokładnymi oraz drogimi. Stąd też istnieje wymóg sprawnego ich funkcjonowania przez kilka, kilkanaście lat przy zapewnieniu właściwej dokładności obróbki. W większości o dokładności obrabiarek decyduje stan ich prowadnic oraz elementów wirujących. Specjalizacja procesów produkcyjnych przyczyniła się do powstania wielu rodzajów i typów tych maszyn o przeznaczeniu: ogólnym, specjalizowanym i specjalnym. Dodatkowo, zależnie od kształtu powierzchni obrabianej, rozróżnia się obrabiarki do powierzchni: walcowych, zewnętrznych i wewnętrznych, płaszczyzn, a także kół zębatach, gwintów itp.

W przemyśle spotyka się wiele różnych typów i rodzajów obrabiarek, w szczególności tokarek, spośród których najliczniejszą grupę stanowią tokarki kłowe (nazwa pochodzi od sposobu mocowania elementu, części czy przedmiotu obrabianego w tak zwanych kłach wrzeciennika i konika) [Dudik 1985].

Adres do korespondencji – Corresponding author: Kazimierz Ćmielewski, Instytut Geodezji i Geoinformatyki, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, ul. Grunwaldzka 53, 50-357 Wrocław, e-mail: kazimierz.cmielewski@up.wroc.pl

Najbardziej uniwersalną odmianą tokarek kłowych jest tokarka pociągowa. W odróżnieniu od innych typów tokarek kłowych wspomniana posiada śrubę pociągową używaną do samoczynnego posuwania suportu podczas toczenia gwintów. Na rysunku 1 przedstawiono schemat budowy uniwersalnej tokarki pociągowej.



Rys. 1. Schemat budowy uniwersalnej tokarki pociągowej

Oznaczenia: 1 – wrzeciennik, 2 – imak nożowy, 3 – suport, 4 – łożo z prowadnicami, 5 – konik, 6 – wałek pociągowy, 7 – śruba pociągowa, 8 – podstawy

Fig. 1. Structure scheme of universal turning lathe

Sign: 1 – headstock assembly, 2 – tool post, 3 – apron, 4 – bed with runner, 5 – tailstock assembly, 6 – feed rod, 7 – lead screw, 8 – basis

We wrzecienniku osadzone są wrzeciono i jego mechanizm napędowy. Wrzeciono stanowi wałek z otworem przelotowym w przedniej części przechodzącym w otwór w kształcie stożka służącego do osadzania kła ściśle w osi wrzeciona. Dodatkowo przednia, zewnętrzna końcówka wrzeciona jest tak wykonana, aby można było na niej zamontować tarczę zabierakową lub uchwyt tokarski.

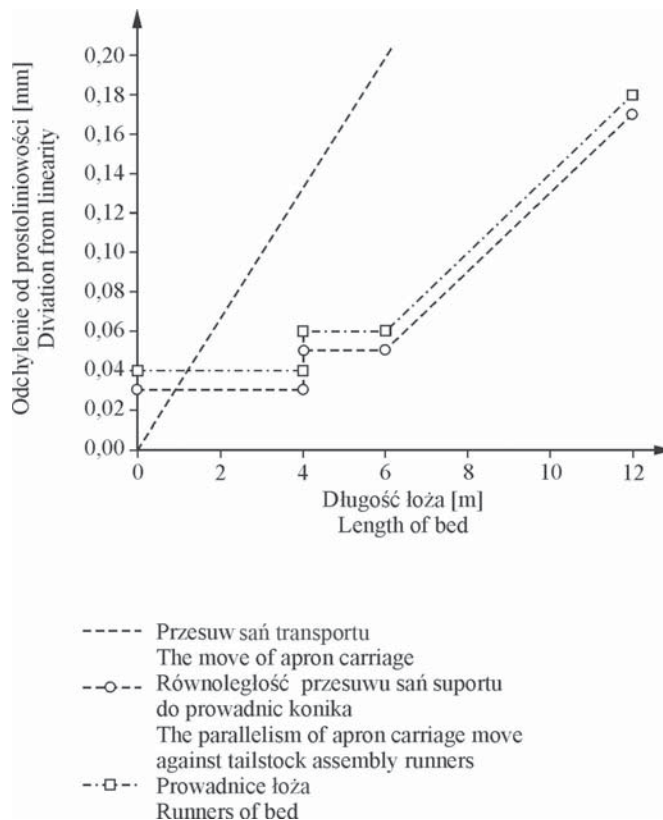
Łoże wykonane jest jako wydłużona sztywna skrzynia żeliwna, w której można wyróżnić ściany wzdłużne i poprzeczne połączone żebrami. Na górnej części łoża znajdują się cztery prowadnice, najczęściej dwie przyzmatyczne i dwie płaskie. Jedna para prowadnic służy do przesuwania suportu, a druga do przesuwania konika. Spoczywa on na wewnętrznych prowadnicach i może być ustawiony w dowolnym miejscu łoża. Wyposażony jest w tuleję z otworem stożkowym, w którym, w zależności od rodzaju i charakteru obróbki, osadza się kiel lub trzpieniowe narzędzie skrawające (np. wiertło, gwintownik).

Suport umożliwia przesuw noża wzdłuż prostopadle lub pod dowolnym kątem do osi elementu toczonego. Suport składa się w dolnej części z sań wzdłużnych ustawionych na zewnętrznych prowadnicach łoża. Na saniach wzdłużnych osadzone są sanie poprzeczne z obrotnicą wyposażoną w sanie narzędziowe z imakiem nożowym służącym do zamocowania noża w czasie obróbki.

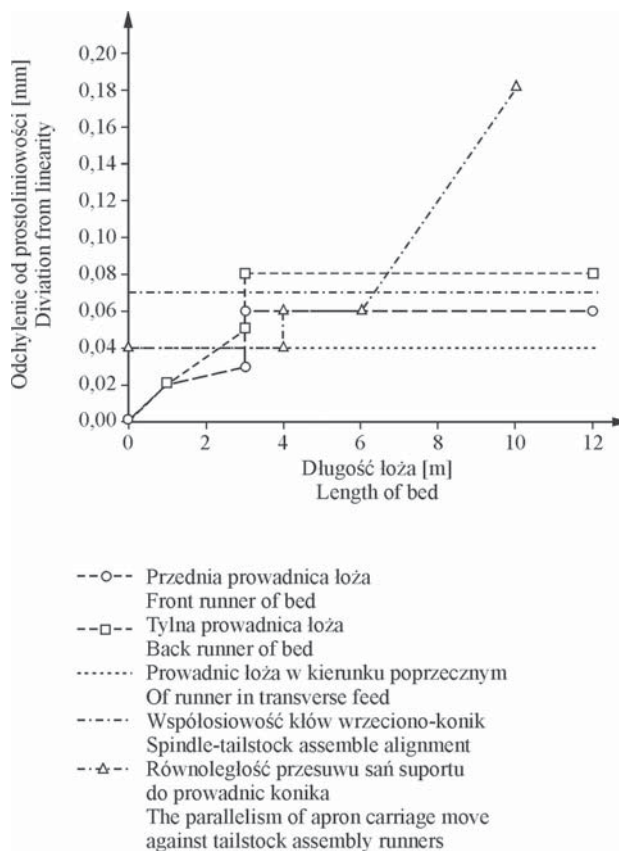
W procesie produkcji z wykorzystaniem tokarek odchyłki powstałe między założeniami podanymi na rysunku wykonawczym a rzeczywistym przedmiotem wykonanym są związane z różnymi przyczynami. W wypadku:

- odchyłek wymiarowych są to błędne nastawienia noża bądź błędne odczyty wymiaru podczas obróbki,
- odchyłek kształtu są to istniejące przesunięcia kłów wrzeciona i konika w płaszczyźnie poziomej lub pionowej bądź istniejące zużycia prowadnic (zamiast powierzchni walca powstaje powierzchnia obrotowa o zarysie krzywoliniowym),
- odchyłek chropowatości powierzchni są to brak sztywności zamocowania przedmiotu lub narzędzia (np. noża), luzy w mechanizmach obrabiarki lub błędnie dobrane warunki skrawania.

Tokarki są sprawdzane pod względem odchyłek geometrycznych w procesie montażu, a także w trakcie eksploatacji [Polska Norma 1994, 1998]. Rozkład dopuszczalnych odchyłek zobrazowano na wykresach (rys. 2, 3).



Rys. 2. Rozkład dopuszczalnych odchyłek w rzucie poziomym [Ćmielewski 2007]
Fig. 2. Schedule of allowed geometric mistake in horizontal section



Rys. 3. Rozkład dopuszczalnych odchyłek w rzucie pionowym [Ćmielewski 2007]
 Fig. 3. Schedule of allowed geometric mistake in vertical section

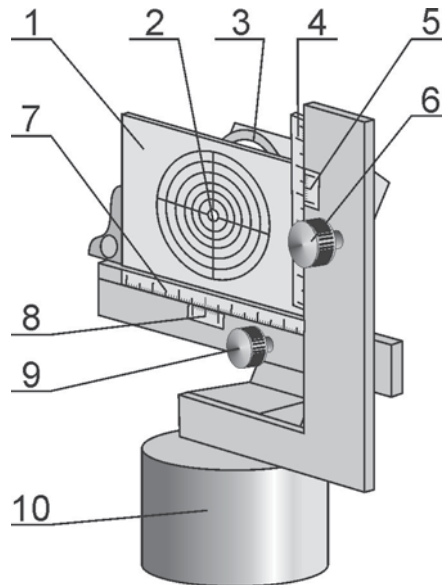
Do sprawdzania tokarek najczęściej używane są następujące, znane z metrologii warsztatowej, narzędzia i przyrządy pomiarowe: liniały powierzchniowe uźebrowane i trójkątne, czujniki zegarowe, szczelinomierze o stopniowanych płytkach, poziomice ramowe, wałki kontrolne, trzpienie kontrolne z uchwytyami stożkowymi lub z nakiełkami.

Przepisy techniczne wymagają, aby w każdej tokarce ustawionej na fundamencie przed eksploatacją sprawdzono określone parametry geometryczne. Najważniejszy z nich to prostoliniowość przesuwu suportu w płaszczyznach poziomej i pionowej. Pomiary wykonane za pomocą narzędzi i przyrządów używanych w metrologii warsztatowej mają charakter względny, dlatego też w wypadku dużych elementów mechanicznych ze wzrostem ich długości, szerokości lub wysokości uzyskanie wymaganej dokładności pomiaru metodami warsztatowymi staje się problematyczne z uwagi na narastanie błędów systematycznych wnoszonych przez użyte warsztatowe urządzenia pomiarowe. Geodezyjne metody pomiarów tokarki mogą ograniczyć narastanie wspomnianych błędów. Jednakże zastosowanie geodezyjnych metod wymaga użycia nietypowego oprzyrządowania, które pozwoli poprawić warunki obserwacji. Jako urządzenie wspomagające pomiary geode-

zyjne tokarek proponuje się zastosowanie sygnalizatorów światłowodowych [Ćmielewski 2007, Szustakowski 1992, Weinert 1999].

TARCA Z PUNKTOWYM SYGNALIZATOREM ŚWIATŁOWODOWYM

W geodezji pomiary prostoliniowości wydłużonych elementów inżynierskich najczęściej wykonuje się metodą stałej prostej zwaną także metodą prostej odniesienia [Gocał 1993, Gocał i Żak 1985]. Obserwacje przy użyciu tej metody poprzedza usytuowanie wzdłuż elementu inżynierskiego stałej prostej, którą w czasie pomiaru mogą stanowić oś teodolitu, rozpięta struna lub ukierunkowana wiązka laserowa. Do sygnalizacji punktów pomiarowych służą najczęściej łaty geodezyjne przyłożone prostopadle do badanego elementu inżynierskiego w punktach pomiarowych. Z uwagi na niewielkie odchylenia punktów pomiarowych na łożu tokarki od płaszczyzn poziomej i pionowej zamiast łaty można zastosować tarczę z punktowym sygnalizatorem światłowodowym przedstawioną na rysunku 4.



Rys. 4. Tarcza z punktowym sygnalizatorem światłowodowym

Oznaczenia: 1 – tarcza, 2 – czoło światłowodu, 3 – źródło światła, 4 – suwak pionowy, 5 – noniusz, 6 – pokrętko suwaka pionowego, 7 – suwak poziomy, 8 – noniusz, 9 – pokrętko suwaka poziomego, 10 – wałek ustawczy

Fig. 4. Target with point optical fiber indicator

Sign: 1 – target, 2 – optical fibre faces, 3 – source of light, 4 – perpendicular zip, 5 – nonius, 6 – knob of perpendicular zip, 7 – horizontal zip, 8 – nonius, 9 – knob of horizontal zip, 10 – positioning roll

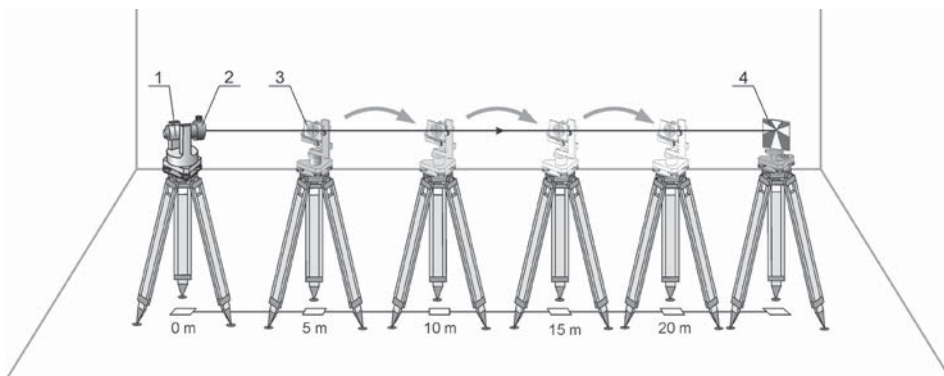
Tarcza ma świecące czoło światłowodu, na które dokonywane są nacelowania instrumentami geodezyjnymi (teodolit, niwelator) podczas wykonywania obserwacji. Suwaki pionowy i poziomy tarczy umożliwiają dokładne wprowadzenie środka czoła światłowodu w oś celową instrumentów, a umieszczone na nich podziałki i noniusze określają ich położenie.

W celu określenia możliwości zastosowań opracowanej tarczy wykonano prototyp przedstawiony na fotografii 1.



Fot. 1. Widok prototypu tarczy z sygnalizatorem światłowodowym
Phot. 1. View of prototype of target with point optical fiber indicator

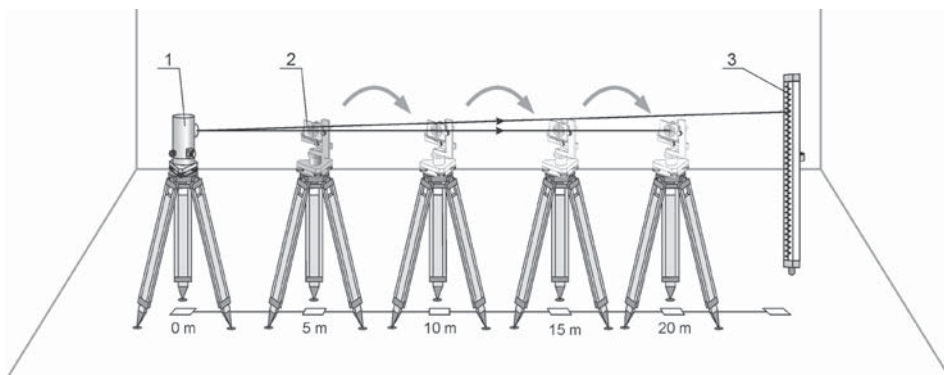
Dla wykonanego prototypu przeprowadzono badania testowe na wydłużonej bazie pomiarowej zlokalizowanej w przyziemiu Instytutu Geodezji i Geoinformatyki Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Wykonano je dla zmiennego ustawienia sygnalizatora od instrumentu, którym w wypadku płaszczyzny poziomej był teodolit Theo 010B zaopatrzonej w nasadkę mikrometryczną, a płaszczyzny pionowej niwelator optyczny Ni 007. Jako reprezentatywne dla krótkich obiektów wydłużonych (łoża tokarek) wybrano odległości od 5 do 20 m, co przedstawiono na rysunkach 5 i 6. Pomiary wykonano jako wielokrotne dla każdego kolejnego stanowiska tarczy. Obserwacje polegały na wielokrotnym wprowadzaniu i wyprowadzaniu ze środka świecącego światłowodu tarczy krzyża nitek i zapisywaniu wartości odczytanej na bębnie mikrometru, zarówno teodolitu, jak i niwelatora. Uśrednione wartości obserwacji dla kolejnych stanowisk tarczy przedstawiono w tabelach 1 i 2.



Rys. 5. Testowe badania tarczy światłowodowej z wykorzystaniem teodolitu zaopatrzonego w mikrometr optyczny

Oznaczenia: 1 – teodolit, 2 – nasadka mikrometryczna, 3 – tarcza z punktowym sygnalizatorem światłowodowym, 4 – tarcza kierunkowa

Fig. 5. Testing of target with point optical fiber indicator by means of theodolite with micrometer
Sign: 1 – theodolite, 2 – micrometric cap, 3 – target with point optical fiber indicator, 4 – target



Rys. 6. Testowe badania tarczy światłowodowej z wykorzystaniem niwelatora optycznego Ni 007
Oznaczenia: 1 – niwelator Ni 007, 2 – tarcza z punktowym sygnalizatorem światłowodowym, 3 – łata do niwelacji precyzyjnej

Fig. 6. Testing of target with point optical fiber indicator by means of Ni 007 leveller
Sign: 1 – Ni 007 leveller, 2 – target with point optical fiber indicator, 3 – level patch

Tabela 1. Rozkład średniego błędu z pomiarów wielokrotnych nacelowań na tarczę teodolitem zaopatrzonym w mikrometr

Table 1. Table of average single measure error for multiple aiming on target by means of theodolite equipped with micrometer

	Odległości tarczy z punktowym sygnalizatorem światłowodowym od teodolitu D [m] Distance of target with point optical fiber indicator from theodolite D			
	5	10	15	20
Średni błąd pojedynczego pomiaru m_0 [mm] Average single measure error m_0	0,008	0,012	0,021	0,038

Tabela 2. Rozkład średniego błędu z pomiarów wielokrotnych nacelowań na tarczę niwelatorem Ni 007

Table 2. Table of average single measure error for multiple aiming on target by means of Ni 007 leveller

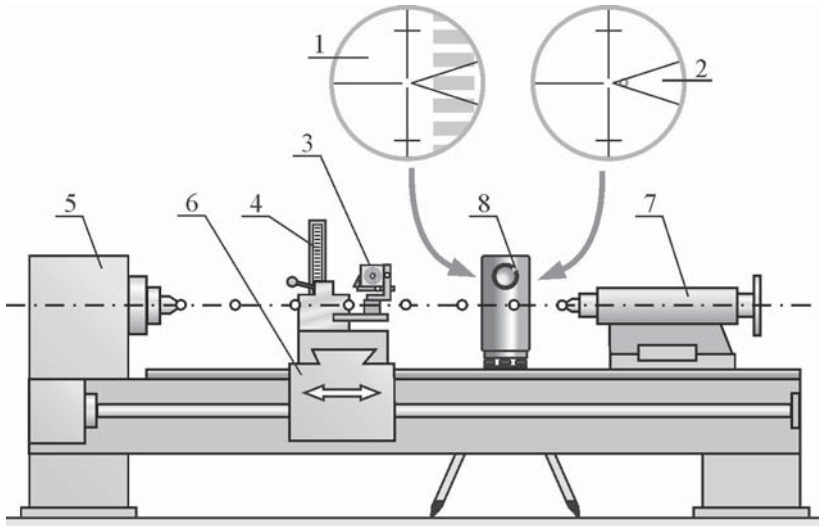
	Odległości tarczy z punktowym sygnalizatorem światłowodowym od niwelatora D [m] Distance of target with point optical fiber indicator from leveler D			
	5	10	15	20
Średni błąd pojedynczego pomiaru m_0 [mm] Average single measure error m_0	0,007	0,011	0,014	0,040

POMIARY DOŚWIADCZALNE TOKARKI

Obiektem badań była uniwersalna tokarka typu TUE-40 wyprodukowana w Andrychowskiej Fabryce Maszyn (AFM) w roku 1968 o numerze fabrycznym 6405. Jest to tokarka przeznaczona do wykonywania wszelkiego rodzaju lekkich i średnich prac tokarskich w produkcji seryjnej oraz na wydziałach remontowych i w warsztatach naprawczych. Charakterystyczną cechą tokarki jest jej sztywna budowa i spokojna praca bez drgań, nawet przy dużym obciążeniu silnika, co decydująco wpływa na cichobieżność i uzyskiwanie wysokiej gładkości obrabianych powierzchni. Tokarka ma następujące dane techniczne: maksymalna średnica toczenia nad łożem – 400 mm, maksymalna średnica toczenia nad suportem – 230 mm, rozstaw kłków – 1 500 mm, masa – 1 540 kg.

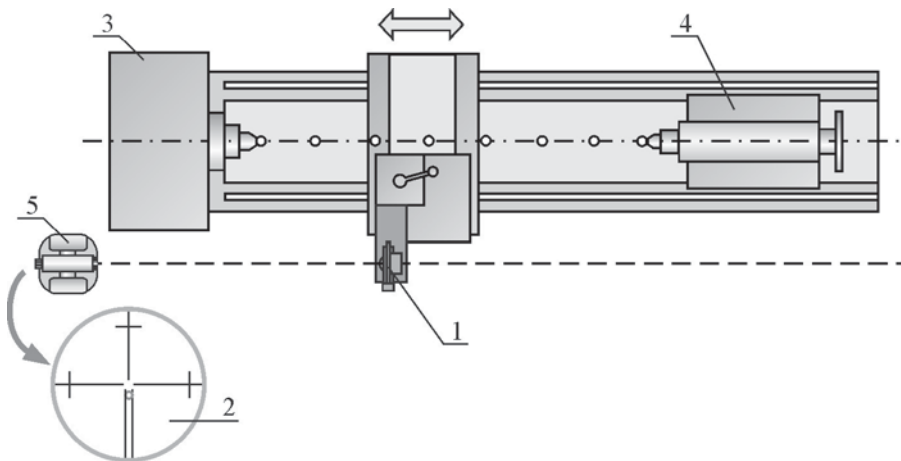
Pomiary prostoliniowości przesuwu suportu w płaszczyźnie pionowej wykonano z zastosowaniem niwelatora Ni007 oraz łąty szklanej z podziałem kreskowym umieszczonej na suportie i tarczy światłowodowej przymocowanej do imaka suportu (rys. 7).

Pomiar prostoliniowości przesuwu suportu w płaszczyźnie poziomej zaś wykonano z zastosowaniem teodolitu Theo010B zaopatrzonego w mikrometr optyczny oraz tarczy z sygnalizacją światłowodową, umocowanej jak poprzednio – w imaku suportu. Ustawienie instrumentu i tarczy na obiekcie przestawiono na rysunku 8.



Rys. 7. Ustawienie instrumentu i przyrządów pomiarowych na obiekcie
Oznaczenia: 1 – widok obserwowanej łąty szklanej, 2 – widok obserwowanego świecącego rdzenia światłowodu, 3 – tarcza z sygnalizatorem światłowodowym, 4 – łąta szklana, 5 – wrzeciono, 6 – suport, 7 – konik, 8 – niwelator Ni 007

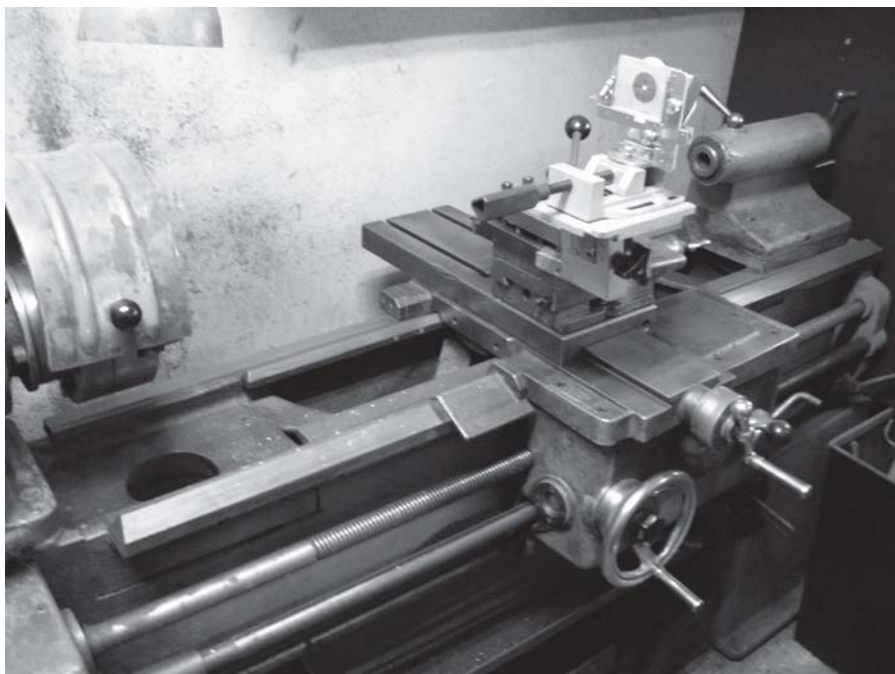
Fig. 7. Set-up of leveller and measurement instruments on object
Sign: 1 – view of observed glass patch, 2 – view of observed fiber face light, 3 – target with point optical fiber indicator, 4 – glass patch, 5 – headstock assembly, 6 – apron, 7 – tailstock, 8 – Ni 007 leveller



Rys. 8. Usytuowanie teodolitu i tarczy z sygnalizacją światłowodową na mierzonej tokarce
Oznaczenia: 1 – tarcza z sygnalizatorem światłowodowym, 2 – widok obserwowanego świecącego rdzenia światłowodu, 3 – wrzeciono, 4 – konik, 5 – teodolit

Fig. 8. Set-up of theodolite and target with point optical fiber indicator on measured lathe
Sign: 1 – target with point optical fiber indicator, 2 – view of observed fiber face light, 3 – headstock assembly, 4 – tailstock, 5 – theodolite

Przed przystąpieniem do pomiarów na łóżu tokarki zaznaczono jedenaście punktów pomiarowych (co 80 mm) pozwalających na odpowiednie ustawienie suportu w trakcie obserwacji (fot. 2).



Fot. 2. Położenie wybranego ustawienia suportu z umocowaną tarczą z sygnalizatorem światłowodowym

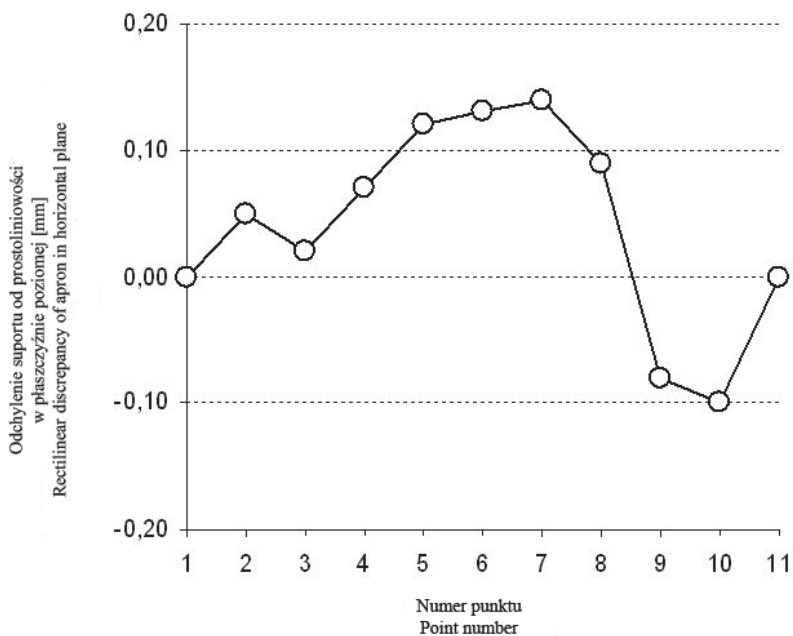
Phot. 2. Position of apron with fixed target with point optical fiber indicator

W trakcie badań zarówno teodolit, jak i niwelator ustawione były w odległości ok. 3 metrów od badanej tokarki. Na kolejnych punktach pomiarowych obserwacje tarczy wykonywane były wielokrotnie. Dodatkowo wykonano cykle pomiarowe w kierunkach tam i powrót.

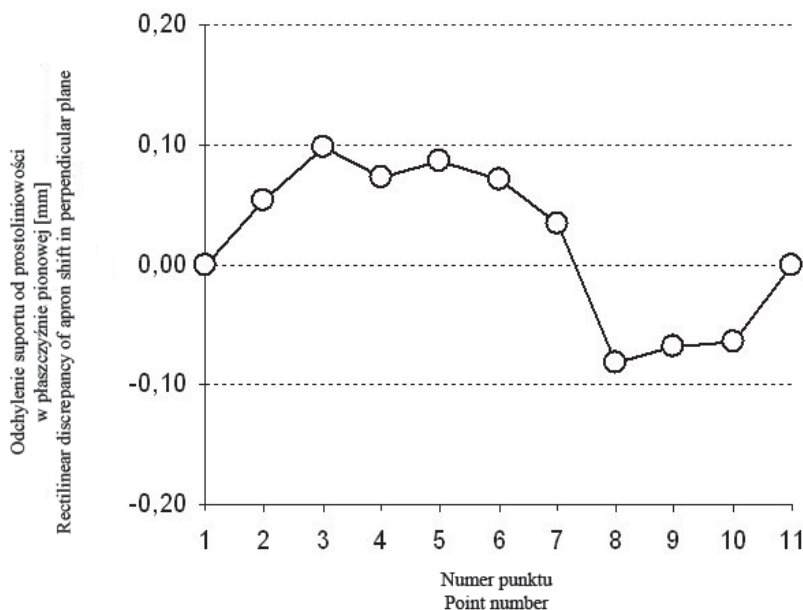
W tabeli 3 zawarto uśrednione wartości wyników pomiarów, natomiast wykresy odchyień prostoliniowości przesuwu suportu dla płaszczyzny poziomej zobrazowano na rysunku 9, a dla płaszczyzny pionowej na rysunku 10.

Tabela 3. Zestawienie odchyłek przesuwu suportu od prostoliniowości
 Table 3. Table of rectilinear discrepancy of apron shift

Nr punktu Point number	Odchylenie suportu od prostoliniowości [mm] Rectilinear discrepancy of apron	
	w płaszczyźnie poziomej in horizontal plane	w płaszczyźnie pionowej in perpendicular plane
1.	0,00	0,00
2.	0,05	0,05
3.	0,02	0,10
4.	0,07	0,07
5.	0,12	0,09
6.	0,13	0,07
7.	0,14	0,03
8.	0,09	-0,08
9.	-0,08	-0,07
10.	-0,10	-0,06
11.	0,00	0,00



Rys. 9. Wykres prostoliniowości przesuwu suportu w płaszczyźnie poziomej
 Fig. 9. Diagram of rectilinear discrepancy of apron shift in horizontal plane



Rys. 10. Wykres prostoliniowości przesuwu suportu w płaszczyźnie pionowej
 Fig. 10. Diagram of rectilinear discrepancy of apron shift in perpendicular plane

Różnice przewyższeń zaobserwowanych na łacie szklanej i tarczy z sygnalizacją światłowodową pozwoliły na określenie z par spostrzeżeń błędu średniego pojedynczego pomiaru przewyższenia, którego wartość wyniosła $\pm 0,019$ mm. Natomiast w płaszczyźnie poziomej średni błąd pomiaru pojedynczego dla pomiarów wielokrotnych wyniósł $\pm 0,021$ mm.

PODSUMOWANIE

Zaobserwowane odchylenia przesuwu suportu od prostoliniowości – zarówno w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej nie spełniają zapisów zawartych w normie PN-M-55651, gdzie dla tokarek o długości łoża 1 500 mm dopuszczalne odchylenie nie powinno przekraczać 0,02 mm/m. Wyznaczone odchylenia wynoszą dla płaszczyzny poziomej 0,24 mm, a dla płaszczyzny pionowej 0,18 mm.

Wykonana i zastosowana tarcza światłowodowa charakteryzuje się prostotą obsługi, jest portatywna, a świecący czołem światłowód pozwala łatwiej wyróżnić cel z otaczającego łoża. Dla niewielkich obiektów, jakich przykładem może być przedstawiona tokarka, zastosowanie światłowodowej tarczy pozwala uzyskać dokładności nacelowania na poziomie pojedynczych setnych części milimetra.

LITERATURA

- Ćmielewski K., 2007. Zastosowanie technik światłowodowych i laserowych w precyzyjnych pomiarach kształtu i deformacji obiektów inżynierskich. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu nr 551, Rozprawy CCXLVI, Wrocław.
- Dudik K., 1985. Poradnik tokarza. WNT, Warszawa.
- Gocał J., 1993. Metody i instrumenty geodezyjne w precyzyjnych pomiarach maszyn i urządzeń mechanicznych. Wydawnictwo AGH, Kraków.
- Gocał J., Żak M., 1985. Prace geodezyjne w budownictwie maszynowym. Skrypt uczelniany nr 965, AGH, Kraków.
- Polska Norma, 1994, PN-M-55651. Warunki odbioru tokarek kłowych. Badanie dokładności. PKN.
- Polska Norma, 1998, PN-ISO 230-1. Przepisy badania obrabiarek. PKN.
- Szustakowski M., 1992. Elementy techniki światłowodowej. Fizyka dla przemysłu, WNT, Warszawa.
- Weinert A., 1999. Plastic Optical Fiber. Publicis MCD Verlag, Erlangen and Munich.

GEODETIC INVESTIGATION OF LATHE BY MEANS OF FIBRE OPTICS TECHNOLOGY

Abstract. The article presents the problem of geodetic investigations of lathe by means of target with point optical fiber indicator. This work presents the idea of fibre-optical target used for engineering objects surveying.

Key words: surveying, equipment, fibre optics

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 20.12.2010

Do cytowania – For citation: Ćmielewski K., 2010. Geodezyjne badania tokarki z zastosowaniem techniki światłowodowej. Acta Sci. Pol. Geod. Descr. Terr., 9(4), 3–16.