

Dr hab. inż. Edward MIKO,  
prof. PŚk; mgr inż. Artur PRZYBYTNIIEWSKI (Politechnika Świętokrzyska):

## **BADANIE DOKŁADNOŚCI PRACĄ TOKARKI CTX ALPHA 500**

### Streszczenie

Przedstawiono zagadnienie badań tokarek, a zwłaszcza badań dokładności pracą, które omówiono na wstępie. Kolejno zaprezentowano konstrukcję przedmiotu próbnego opracowaną w programie SolidWorks, a następnie pomierzone cechy tego przedmiotu oraz ich analizę. Mierzono m.in.: średnice, odchyłki kształtu oraz chropowatość i falistość powierzchni. Stanowiły one podstawę do całkowitej oceny badanej obrabiarki przedstawionej w podsumowaniu.

***Słowa kluczowe:** badania pracą, diagnostyka obrabiarek, centrum tokarskie, pomiary, przedmiot próbny*

## **ACCURACY TEST BY MACHINING OF THE CTX ALPHA 500 LATHE**

### Abstract

The performed project relates to the subject about lathe research, in particular research work precision. Research work precision was shown at the beginning. Next, in SolidWorks program was elaborated construction of experimental object. Measurements of experimental object and their analysis were shown next. Deviation of shape, diameters, roughness, waviness were measured. They were base to total opinion about tested lathe and they were present in summation.

***Key words:** work research, diagnostics of machine tools, turning center, measurement, experimental object*

# BADANIE DOKŁADNOŚCI PRACĄ TOKARKI CTX ALPHA 500

Edward MIKO<sup>1</sup>, Artur PRZYBYTNIIEWSKI<sup>1</sup>

## 1. WPROWADZENIE

Współczesny, bardzo wymagający rynek którego potrzeby z dnia na dzień są coraz większe kreuje kierunki rozwoju przemysłu obróbkowego. Dąży się do produkcji wyrobów charakteryzujących się coraz to większymi dokładnościami wymiarowymi, małymi odchyłkami kształtu, kierunku i położenia, a także niską chropowatością powierzchni. Niezbędne staje się więc doskonalenie obrabiarek pod kątem wzrostu ich wydajności oraz dokładności wymiarowo kształtowej.

Określenie rodzaju oraz przyczyny błędów jest dość trudne do zrealizowania. Narzędziem do ich wykrywania i analizy są badania bezpośrednie. Czynności te wiążą się albo z zakupem kosztownych urządzeń diagnostycznych albo z wynajęciem specjalistycznych firm. Pewnego rodzaju innowacją są badania pracą. Należą one do grupy badań pośrednich i polegają na wykonaniu przedmiotu próbnego o ściśle określonych kształtach i wymiarach dostosowanych do danej obrabiarki. Przedmiot obróbiony zostaje porównany z tym zaprogramowanym, którego wykonanie zostało założone. Określane są jego właściwości geometryczne dzięki, którym może nastąpić porównanie z nominałem [1].

Charakter tych badań jest odmienny w stosunku do powszechnie używanych metod. Pozwalają one na ocenę obrabiarki za pomocą analizy przedmiotu próbnego, który został wykonany podczas realnej obróbki. Zaleca się oceniać przedmiot wykonany podczas obróbki wykańczającej. Podczas takiej obróbki w strukturze przedmiotu kumulowane są błędy powstałe w związku z odchyłką statyczną, przemieszczeniem układu maszyny związanym z rozszerzalnością cieplną, odkształceniami dynamicznymi jak również właściwościami kinematycznymi i geometrycznymi obrabiarki.

---

<sup>1</sup> Politechnika Świętokrzyska w Kielcach, al. 1000-lecia P. P. 7, 25-314 Kielce, Katedra Technologii Mechanicznej i Metrologii (przybytniewski@gmail.com)

Wyniki badań można rozpatrywać poprzez stwierdzenie czy wykonany przedmiot mieści się w określonej dla niego odchyłce:

$$T_{r\acute{e}cz} \leq T_{dop} \quad (1)$$

czy też nie:

$$T_{r\acute{e}cz} \geq T_{dop} \quad (2)$$

Gdzie  $T_{dop}$  jest kryterium oceny natomiast  $T_{r\acute{e}cz}$  pochodzi z wykonanego przedmiotu [2].

W dalszej części pracy zostaną przedstawione poszczególne etapy badań pracą tokarki CTX Alpha 500. Dzięki ich wykonaniu możliwe jest wnioskowanie o stanie technicznym maszyny a także podjęcie konkretnych kroków w celu zwiększenia dokładności obróbki.

## 2. CEL, PRZEDMIOT I METODYKA BADAŃ DOKŁADNOŚCI PRACĄ

Podstawowym celem pracy jest przeprowadzenie badań tokarki CTX Alpha 500 natomiast szczegółowymi celami są określenie cech geometrycznych badanego przedmiotu oraz identyfikacja błędów wraz z próbą ustalenia ich przyczyn.

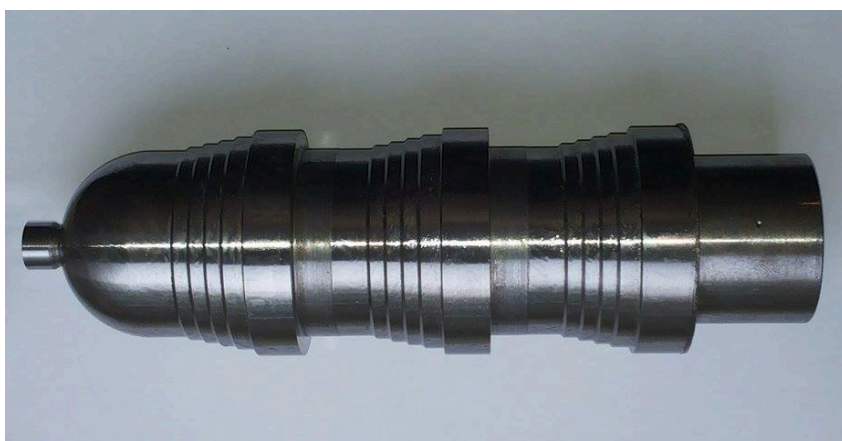
Przedmiotem badań jest analizowane centrum tokarskie (rys.1) wyposażone w obrotowe narzędzia, dzięki czemu znajduje duże zastosowanie w przemyśle.



*Rys.1. Obrabiarka DMG CTX Alpha podczas wykonywania przedmiotu próbnego*

Przedmiot próbny jest głównym elementem wykorzystywanym w badaniach pracą. To właśnie od dokładności jego obróbki zależy ocena własności obrabiarki. Dlatego jego konstrukcja musi być dokładnie przemyślana i nie może mieć przypadkowego charakteru. Przedmiot próbny, który posłużył do badań pracą tokarki CTX Alpha 500 został wykonany w programie SolidWorks. Jego konstrukcja pozwoliła na przeprowadzenie szerokiej gamy pomiarów które posłużyły do wyciągnięcia wniosków co do dokładności obrabiarki oraz jej podzespołów. Jego wymiary dobrane są tak by odzwierciedlały pola, w których występuje największe prawdopodobieństwo obróbki. W budowie przedmiotu próbnego można zauważyć stopniowane średnice, pozwoliły one na utworzenie charakterystyki statycznej maszyny. Stworzono ją w trzech różnych odległościach od uchwytu co pozwoliło na zobrazowanie zmiany własności statycznych wzdłuż analizowanego detalu. Trzy specyficzne pierścienie, posłużyły do oceny błędów kształtu, falistości oraz chropowatości.

Kluczowym elementem w tego rodzaju badaniach jest przeprowadzenie obróbki zaprojektowanego przedmiotu próbnego. Wiąże się to z opracowaniem specjalnego rodzaju procesu technologicznego. Strategia obróbki realizowana w nim powinna pozwolić na wykonanie takiego elementu, którego geometria będzie reprezentowała błędy poszczególnych podzespołów maszyny, a nie błędy powstałe w skutek złego procesu technologicznego i złego doboru parametrów obróbczych. Obróbka zostanie przeprowadzona na badanej obrabiarence CTX Alpha 500. Programy do jej wykonania stworzone zostały przy użyciu metody programowania technologicznego w zakładce ShopTurn sterowania Sinumerik. Podczas skrawania zostało użyte chłodziwo w celu uzyskania najbardziej optymalnych warunków toczenia. Efektem skojarzenia zaprogramowanych ruchów narzędzia wraz z ruchem obrotowym materiału wyjściowego jest przedstawiony poniżej przedmiot próbny.



*Rys.2. Widok wykonanego przedmiotu próbnego*

Dobór odpowiedniego sprzętu pomiarowego bezpośrednio przekłada się na otrzymane wyniki badań i warunkuje poprawne ich wykonanie. Maszyny te powinny umożliwić pomiar odchyłek wymiarowych na poszczególnych średnicach wykonanego przedmiotu próbnego. Muszą być także odpowiednie do pomiarów zarówno odchyłek kształtu i położenia jak również chropowatości. Ogół odczytanych za ich pomocą ze struktury geometrycznej powierzchni informacji pozwoli podjąć próbę oceny dokładności badanej tokarki. Spośród dostępnych w Laboratorium Komputerowych Pomiarów Wielkości Geometrycznej zostały wybrane trzy typy maszyn:

- maszyna współrzędnościowa Prismo Navigato firmy Zeiss (WMP)
- profilometr stykowy Talysurf PGI 1200
- przyrząd do pomiaru zarysów kształtu, Talyround 365



*Rys.3. Pomiar średnic przedmiotu próbnego na WMP*

### 3. WYNIKI BADAŃ ORAZ ICH ANALIZA

Po przeprowadzeniu pomiarów określonych cech przedmiotu próbnego na przedstawionych powyżej maszynach, wyniki zobrazowano w formie wykresów a także dokonano ich analizy.

#### 3.1. ODCHYŁKI STATYCZNE

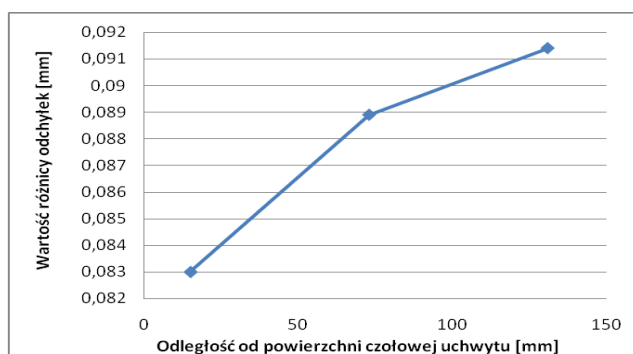
Do wyznaczenia odchyłek statycznych zostały użyte wykonane na przedmiocie stopniowane średnice. Pozwoliły one określić jak zmienia się odchyłka wymiaru nominalnego poszczególnych pierścieni wraz ze wzrostem głębokości skrawania, której towarzyszy wzrost siły odporowej. Przedstawiona poniżej tabela zawiera nominalne wyniki zaprogramowanych średnic oraz uzyskane podczas pomiaru na WMP odchył-

ki. Analizując zamieszczone wyniki wyraźnie widać, że mimo znikomych wartości sił odporowych dla toczenia średnic 66mm z głębokością warstwy skrawanej równej 0,05mm uwidacznia się wysoka wartość odchyłki wymiarowej, która spada wraz ze zwiększeniem głębokości skrawania.

Tab.1. Odchyłki wymiarowe przedmiotu próbnego

Odległość od powierzchni czołowej uchwytu [mm]	Średnica nominalna [mm]	Głębokość skrawanej warstwy [mm]	Odchyłka [mm]	Odchyłka po korekcji [mm]
15	58	4,05	-0,0132	-0,083
	60	3,05	0,0038	-0,066
	62	2,05	0,0274	-0,0424
	64	1,05	0,0463	-0,0235
	66	0,05	0,0698	0
73	58	4,05	-0,0221	-0,0919
	60	3,05	-0,0022	-0,072
	62	2,05	0,0194	-0,0504
	64	1,05	0,0409	-0,0289
	66	0,05	0,0668	-0,003
131	58	4,05	-0,0271	-0,0969
	60	3,05	-0,0069	-0,0767
	62	2,05	0,0208	-0,049
	64	1,05	0,0408	-0,029
	66	0,05	0,0643	-0,0055

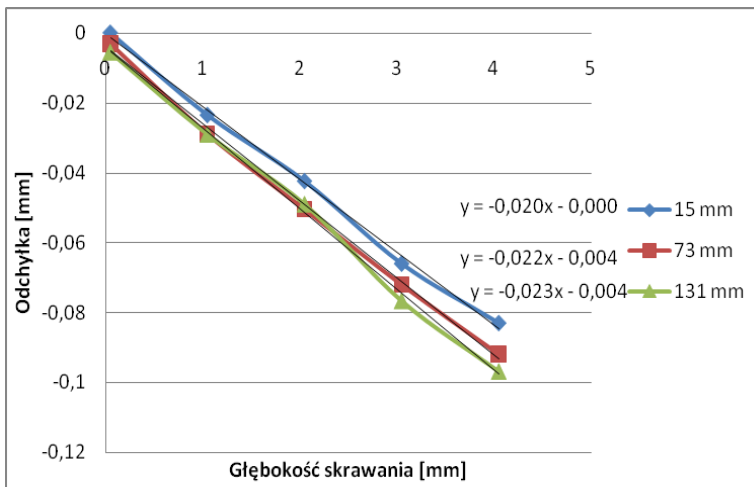
Określenie wzrostu rozpiętości odchyłek z pięciu mierzonych średnic pozwala na stwierdzenie, w którym kierunku następuje pogorszenie właściwości statycznych maszyny.



Rys.4. Zmiana różnicy odchyłek wymiarowych najmniejszej i największej głębokości toczenia w funkcji odległości od powierzchni czołowej uchwytu

Za takie usytuowanie odchyłki względem wymiaru nominalnego odpowiada najprawdopodobniej niepoprawnie działająca sonda do pomiaru narzędzi, co przekłada się na złą pozycję startową narzędzia a mianowicie na niepoprawne wartości na osi X.

Dzięki zaobserwowanemu kierunkowi wzrostu odchyłek statycznych (w kierunku konika), można dokonać korekty otrzymanych wyników poprzez odjęcie od wszystkich odchyłek wartości 0,0698mm stanowiącej najprawdopodobniej wartość błędu związaną tak jak to zostało powiedziane powyżej z niewłaściwie działającą sondą do pomiaru narzędzi. Działanie to pozwala na ustanowienie bazy odniesienia oddalonej od powierzchni czołowej wrzeciona o 15mm względem, której przedstawiona zostanie zmiana własności statycznych wraz ze zmianą głębokości skrawania. Całość wraz z zachowaniem odchyłek statycznych w zależności odległości od powierzchni czołowej wrzecion (15, 73,131mm) przedstawia poniższy wykres.

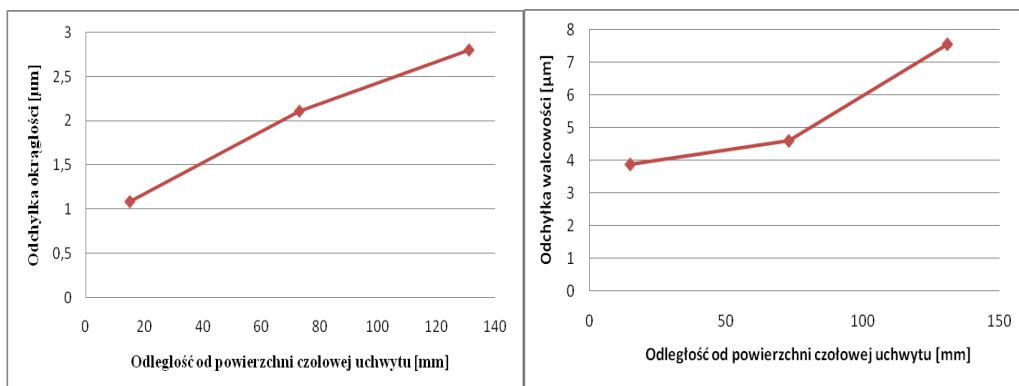


Rys.5. Zmiana odchyłki statycznej wraz z głębokością toczenia dla trzech odległości od powierzchni czołowej uchwytu

Za pomocą widocznej na wykresie regresji liniowej można odczytać odchyłkę dla dowolnej głębokości skrawania.

#### 4.2. ODCHYŁKI KSZTAŁTU

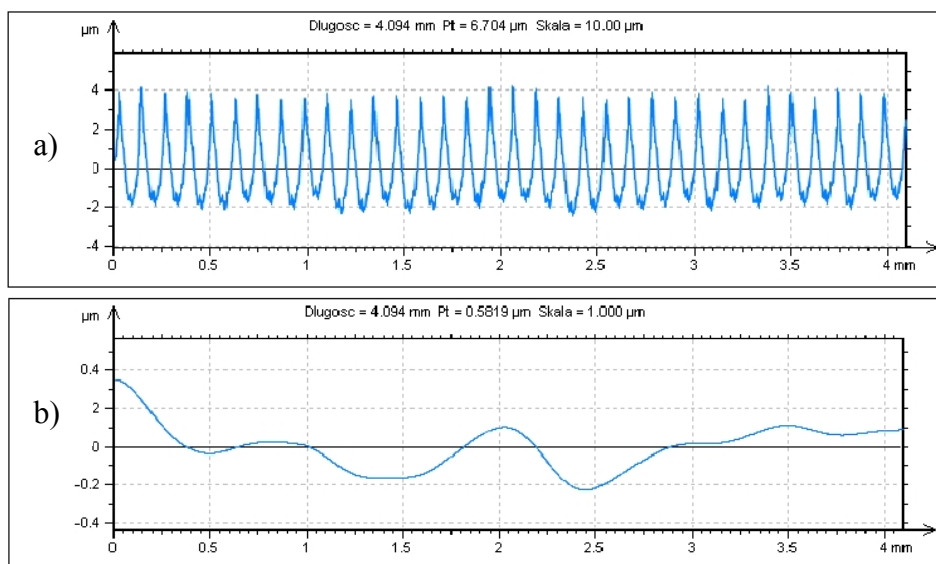
Wśród odchyłek kształtu dokonano pomiaru okrągłości oraz walcowości trzech wykonanych na przedmiocie próbnym pierścieni. Uzyskane wyniki uwidaczniają poniższe wykresy. Widać wyraźny ich wzrost w kierunku wzrostu wartości na osi Z badanej maszyny.



Rys.6. Wynik pomiaru okrągłości oraz walcowości w funkcji odległości od uchwytu.

### 4.3. CHROPOWATOŚĆ ORAZ FALISTOŚĆ

Pomiar tych parametrów został dokonany, wzdłuż powierzchni trzech pierścieni, poczynając od strony zamocowanej w uchwycie obrabiarki. Po przeprowadzeniu każdego z pomiarów otrzymany profil został wypoziomowany a następnie za pomocą odpowiednich filtrów otrzymano szukane parametry. Uzyskano niemal identyczne wyniki chropowatości oraz falistości dla trzech badanych powierzchni. Przykładowy zarys profilu przedstawiono poniżej, odzwierciedla on powierzchnie pierwszego z pierścieni.



Rys.7. Profil chropowatości (a) oraz falistości (b) zmierzony na pierwszym pierścieniu



## 5. PODSUMOWANIE

Uzyskane wyniki oraz ich analiza pozwala na stwierdzenie kilku istotnych faktów które jednocześnie służą do oceny badanej obrabiarki.

Z otrzymanych charakterystyk widać, że obrabiarka posiada niską sztywność statyczną, odchyłka dla przykładowej głębokości skrawania 0,4 mm w odległości 131mm od wrzeciona wyniosła 13,2 $\mu$ m. Biorąc pod uwagę ujemną wartość tych odchyłek oraz masywną budowę centrum tokarskiego przypuszcza się, że przyczyną tych wyników jest układ wrzeciona, na który oprócz działania sił odporowych działają siły pochodzące od napędów.

Pomiary odchyłek kształtu, chropowatości oraz falistości pozwalają na stwierdzenie dobrych właściwości dynamicznych badanej maszyny, a także świadczą one o prostoliniowości prowadnic i braku ich zużycia. Stwierdzono tylko nieznaczny wzrost odchyłek okrągłości, wyniósł on 1,7 $\mu$ m a dla walcowości 3,67 $\mu$ m.

Odchyłki od założonych nominalnych średnic o wartości około 69 $\mu$ m spowodowane są prawdopodobnie błędnie działającą sondą do pomiaru narzędzi i wymaga ona kalibracji.

Otrzymane wyniki można skonfrontować z wynikami dostępnymi w pracach [3,4]. Znajdują się tam tabele opracowane w niemieckich i austriackich normach które na podstawie klasy wykonania i średnicy wałka określają dopuszczalne odchyłki statyczne, kształtu oraz chropowatość. Badana obrabiarka przekroczyła określone tam odchyłki statyczne o ponad 7 $\mu$ m.

Wystawiając końcową ocenę można stwierdzić że badane centrum tokarskie wymaga przeprowadzenia przeglądu technicznego, z którym wiąże się badanie kierunkowe, mające na celu określenie przyczyn wykrytych niedoskonałości.

Badania pracą stwarzają możliwość prowadzenia historii obrabiarek na zasadzie okresowego wykonania na nich przedmiotów próbnych. Dzięki temu możliwe jest prowadzenie bazy danych zawierających informacje niezbędne do opracowywania prognoz dla danej maszyny, które pozwolą przewidzieć i dokładnie określić dalszy proces ich eksploatacji.

## LITERATURA

- [1] SKOCZYŃSKI W.: *Ocena własności obrabiarek na podstawie dokładności obróbki przedmiotów*, OWPW, Wrocław 2001
- [2] STYP-REKOWSKI M.: *Diagnostyczne aspekty badania pracą*. Artykuł XII Konferencji „Diagnostyka maszyn Roboczych i Pojazdów”. s. 173-178.
- [3] OSANNA P.H.: *Deviations in Form and Workpiece Accuracy*, s.265-247
- [4] OSANNA P.H.: *Surface Roughness and Size Tolerance*, s.227-236