

# Pomiar odchyłki okrągłości pionowego centrum CNC Haas Mini Mill

## The roundness deviation measurement of vertical center Haas Mini Mill

TOMASZ JANKOWSKI  
PAWEŁ PIÓRKOWSKI  
WACŁAW SKOCZYŃSKI \*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.10.337

Przeprowadzono pomiary odchyłki okrągłości w różnych punktach przestrzeni roboczej pionowego centrum CNC Haas Mini Mill. Sprawdzone, czy zmierzone wartości nie przekraczają dopuszczalnej odchyłki okrągłości. Określono, jak zmienia się odchyłka okrągłości, w zależności od punktu pomiaru. Pokazano, jak wykorzystać te informacje do poprawy dokładności obróbki. Pomiar wykonano przy użyciu systemu QC10 Ballbar firmy Renishaw.

**SŁOWA KLUCZOWE:** pionowe centrum CNC, badania dokładności geometrycznej, QC10 Ballbar, odchyłka okrągłości

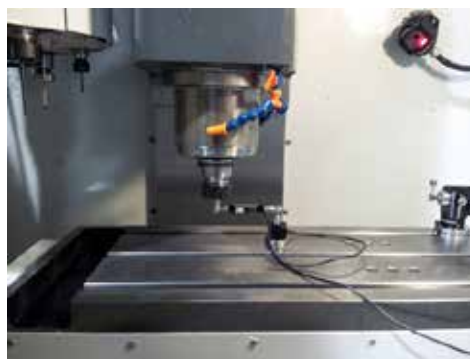
*The article presents the results of the roundness deviation measurement in different points of workspace vertical CNC Haas Mini Mill. Identified whether the measured values do not exceed the permissible roundness deviation. Presented, how the roundness deviation depending of the point of measurement and how to use this information to increase machining accuracy. The measurement was made using a QC10 Ballbar Renishaw.*  
**KEYWORDS:** CNC vertical center, geometrical checks, QC10 Ballbar, roundness deviation

Warunki obróbki skrawaniem pełnią istotną rolę ze względu na dokładność wymiarowo-kształtową produkowanych części maszyn. Niedokładności związane z obrabiarką mogą powodować problemy na kolejnych etapach produkcji, a także kłopoty z montażem [1]. Należy zatem regularnie kontrolować stan obrabiarki skrawającej, aby jej dokładność przekładała się na dokładność wykonywanych na niej przedmiotów [2]. Jednym z podstawowych błędów występujących w obrabiarkach skrawających jest błąd okrągłości. Pomiar odchyłki okrągłości może być wykonany przy użyciu różnych narzędzi pomiarowych [3÷7]. Wśród nich na szczególną uwagę zasługuje system QC10 Ballbar firmy Renishaw, który pozwala na uzyskanie szybkiego i dokładnego pomiaru odchyłki okrągłości oraz odchyłki prostopadłości [8÷12]. Sposób pomiaru odchyłki okrągłości w obrabiarkach sterowanych numerycznie został opisany w normie PN-ISO 230-4 [13]. Zgodnie z tą normą za pomocą systemu QC10 Ballbar przeprowadzono badania odchyłki okrągłości w różnych punktach przestrzeni roboczej obrabiarki pionowego centrum Haas Mini Mill.

### Charakterystyka systemu pomiarowego

System QC10 Ballbar służy do szybkiej oceny dokładności obrabiarek sterowanych numerycznie. Za jego pomocą można zmierzyć podstawowe błędy i odchyłki obrabiarki,

takie jak błąd okrągłości czy prostopadłości. QC10 Ballbar składa się z teleskopowego pręta kinematycznego z kulistymi końcówkami po obu stronach. Jedna z nich przy mocowaniu jest do podstawki umieszczonej na stole frezarki, druga połączona jest z wrzecionem [rys. 1].

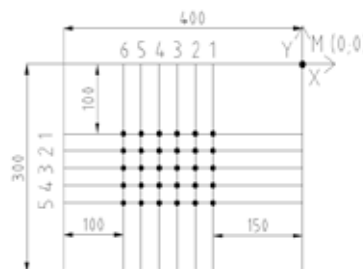


Rys.1. System QC10 Ballbar zamontowany na pionowym centrum CNC Haas Mini Mill

System pomiarowy realizuje zadany program pomiarowy wprowadzony do układu sterowania obrabiarki. Aby dokonać pomiaru, pręt musi wykonać jeden obrót zgodnie z ruchem wskazówek zegara oraz jeden obrót przeciwnie do ruchu wskazówek zegara. Wynik pomiaru przetwarzany jest przez komputer, na którego ekranie można odczytać wartość konkretnego błędu.

### Przebieg oraz wyniki pomiaru

Przed rozpoczęciem badań określono warunki pomiaru. Zdecydowano, że do pomiaru posłuży pręt teleskopowy o długości 100 mm. Prędkość posuwu ustalono na 3000 mm/min. Postanowiono, że dobieg oraz wybieg pręta odbędzie się na długości połowy okręgu pomiarowego. Określono, że płaszczyzną pomiarową będzie płaszczyzna XY, a kąt realizacji testu wyniesie 360°. Punkty, w których dokonano pomiaru, wyznaczono na przecięciu linii równoległych do osi Y (1÷5) i osi X (1÷6). Liczba tych punktów wyniosła 30 (rys. 2). Odległości pomiędzy punktami zostały określone na 25 (1÷5) oraz 30 mm (1÷6).



Rys. 2. Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych w przestrzeni roboczej pionowego centrum CNC Haas Mini Mill

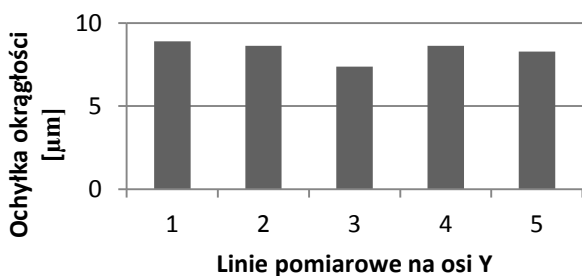
\* Dr inż. Tomasz Jankowski (tomasz.jankowski@pwr.edu.pl), mgr inż. Paweł Piórkowski (pawel.piorkowski@pwr.edu.pl), dr hab. inż. Wacław Skoczyński, prof. nadzw. PWr (waclaw.skoczynski@pwr.edu.pl) – Politechnika Wrocławska, Wydział Mechaniczny, Katedra Obrabiarek i Technologii Mechanicznych

Odległości punktów pomiarowych od krawędzi stołu wyniosły 100 mm, z wyjątkiem odległości od prawej krawędzi stołu, gdzie zamocowana jest sonda, która uniemożliwia przeprowadzenie pomiaru w tej części przestrzeni roboczej obrabiarki. Odległość od prawej krawędzi stołu wyniosła 150 mm. W każdym z punktów pomiarowych wykonano 3 pomiary odchyłki okrągłości, a następnie w każdym z punktów wyznaczono średnią odchyłkę okrągłości (tablica).

**TABLICA. Wyniki średniej odchyłki okrągłości ( $\mu\text{m}$ ) w punktach pomiarowych**

Linie na osi Y (1+5)	Średnia odchyłka okrągłości, $\mu\text{m}$					
	Linie na osi X (1+6)					
	6	5	4	3	2	1
1	10,57	9,30	9,23	8,50	8,23	7,53
2	8,47	7,60	7,23	9,37	10,17	8,93
3	8,83	7,37	6,87	8,10	7,30	5,80
4	9,87	8,60	8,17	8,90	8,43	7,80
5	8,73	9,37	6,97	8,37	8,27	8,00

Różnice odchyłki okrągłości w różnych punktach pomiaru sięgają blisko 50%. Wyraźnie widać, że w różnych obszarach przestrzeni roboczej obrabiarki odchyłka okrągłości przyjmuje różne wartości (rys. 3, 4).



Rys. 3. Średnia odchyłka okrągłości na liniach równoległych do osi Y



Rys. 4. Średnia odchyłka okrągłości na liniach równoległych do osi X

Wyniki pomiaru wskazują, że odchyłka okrągłości jest najniższa w centralnej części przestrzeni roboczej obrabiarki. Im bliżej krawędzi stołu był przeprowadzany pomiar, tym wyższe uzyskiwano wartości odchyłki okrągłości. Wyjątkiem była oddalona najbardziej w prawo linia 1, gdzie odchyłka okrągłości osiągała najniższe wartości. Prawdopodobną przyczyną tego faktu jest bliskie sąsiedztwo sondy, które powoduje, że w tym obszarze przestrzeni roboczej obróbka praktycznie nie występuje.

Dopuszczalna odchyłka okrągłości dla badanej obrabiarki wynosi 12  $\mu\text{m}$ . Wyniki średniej odchyłki okrągłości pokazują, że w żadnym z badanych punktów nie została ona przekroczona, choć w niektórych punktach pomiarowych zmierzona wartość odchyłki przekroczyła wartość 10  $\mu\text{m}$ , co może być pierwszym sygnałem alarmowym, świadczącym o niebezpieczeństwie przekroczenia wartości dopuszczalnej odchyłki okrągłości w niedługim czasie.

## Podsumowanie

Badania pokazały, że wartości odchyłek okrągłości różnią się w zależności od punktu pomiaru w przestrzeni roboczej obrabiarki nawet o kilkadziesiąt procent. Przyczyną takiej sytuacji może być nierównomierne obciążenie przestrzeni roboczej obrabiarki i wynikające z tego różne zużycie poszczególnych zespołów maszyny, które przekłada się na wynik odchyłki okrągłości [14]. Wynika z tego, że badania odchyłki okrągłości należy przeprowadzać w różnych punktach pomiarowych, a otrzymywane wyniki wykorzystywać do takiego planowania procesów obróbkowych, aby obróbka odbywała się tam, gdzie odnotowano najniższe wartości błędów.

Bieżąca analiza wyników pochodzących z systemu QC10 Ballbar może dać wiele korzyści, takich jak poprawa dokładności wymiarowo-kształtowej obrabianych przedmiotów, zmniejszenie awaryjności obrabiarki, ułatwienie planowania remontów i przestojów maszyny, czy lepsze wykorzystanie przestrzeni roboczej obrabiarki.

Wyniki pokazują, że pionowe centrum CNC Haas Mini Mill spełnia wymagania normy odnośnie do dopuszczalnej odchyłki okrągłości. Uzyskanie odpowiedniej dokładności wymiarowo-kształtowej przedmiotów obrabianych powinno być możliwe w całej przestrzeni roboczej tej obrabiarki. Największą dokładność obróbki można uzyskać w centralnej części przestrzeni roboczej, a po zdjęciu sondy także w okolicach prawej krawędzi stołu.

## LITERATURA

- Adamczak S., Kmiecik-Sołtysiak U., Stępień K. „Wpływ wybranych parametrów pomiaru na wynik oceny odchyłki okrągłości na współrzędnościowej maszynie pomiarowej”. *Mechanik*. R. 88, nr 3 (2015): s. 171-177.
- Cedlik M., Sokovic J., Jurkovic J. „Calibration and Checking the Geometrical Accuracy of a CNC Machine-Tool”. *Journal of Mechanical Engineering*. Vol. 52. No. 11 (2006): pp. 752-762.
- Swornowski P. „Pomiar odchyłki okrągłości na współrzędnościowej maszynie pomiarowej”. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji*. T. 27. Nr 2 (2007): s. 91-102.
- Turek P., Kwaśny W., Jędrzejewski J. „Zaawansowane metody identyfikacji błędów obrabiarek”. *Inżynieria Maszyn*. R. 15, z. 1/2 (2010): s. 7-37.
- Turek P., Modrzycki W., Jędrzejewski J. „Analiza metod kompensacji błędów obrabiarek”. *Inżynieria Maszyn*. R. 15, z. 1/2 (2010): s. 130-149.
- Turek P., Jędrzejewski J., Modrzycki W. „Methods of machine tool error compensation”. *Journal of Machine Engineering*. Vol. 10. No. 4 (2010): pp. 5-25.
- Cellary A., Jermak C. „Pomiar odchyłki okrągłości pneumatyczną metodą odniesieniową”. *Archiwum Technologii Maszyn i Automatykacji*. T. 30. Nr 4 (2010): s. 79-86.
- Miko E., Skrzyniarz M. „Diagnostyka centrum frezarskiego Hermle B300 za pomocą szybkiego testu Ballbar QC-10”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej. Nauki Techniczne*. Z. 18 (2014): s. 124-130.
- Kaczmarek J., Lange S., Świącik R., Żurawski A. „Identyfikacja błędów pionowego centrum frezarskiego za pomocą systemu Ballbar oraz ich korekcja poprzez poziomowanie obrabiarki”. *Mechanik*. R. 88. Nr 8-9 (2015): s. 479-487.
- Miko E., Maj P. „Ocena dokładności pozycjonowania tokarki CNC”. *Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej. Nauki Techniczne*. Z. 17 (2012): s. 100-108.
- Miko E., Skrzyniarz M. „Ocena dokładności pozycjonowania centrum frezarskiego Hermle B-300”. *Mechanik*. R. 87. Nr 8-9 (2014): s. 363-370.
- Miko E., Maj P. „Badanie dokładności pozycjonowania i diagnostyka tokarki CNC”. *Pomiary Automatyka Kontrola*. R. 59. Nr 6 (2013): s. 558-561.
- Polska Norma PN-ISO 230-4. „Przepisy badań obrabiarek. Badania okrągłości w obrabiarkach sterowanych numerycznie”. 1999.
- Piórkowski P., Skoczyński W. „Budowa aplikacji do wyznaczania położenia narzędzia podczas operacji skrawania”. *Interdyscyplinarność badań naukowych*. 2015: s. 213-218.