

## METODA POMIARU WYBRANYCH PARAMETRÓW METROLOGICZNYCH PIŁ TARCZOWYCH Z WĘGLIKAMI SPIEKANYMI PRZY ZASTOSOWANIU TECHNIK WIZYJNYCH

Piotr BASZUN\*, Henryk KRÓL\* Marek PISZCZEK\*\*

Wojskowa Akademia Techniczna Wydział Elektroniki, Instytut Systemów Elektronicznych\*,  
Wydział Techniki Wojskowej, Instytut Optoelektroniki\*\*, ul. Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa;  
fax: 022 683-91-25; e-mail: [pbaszun@wat.edu.pl](mailto:pbaszun@wat.edu.pl), [hkrol@wat.edu.pl](mailto:hkrol@wat.edu.pl), [mpiszczek@wat.edu.pl](mailto:mpiszczek@wat.edu.pl)

### Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące pomiaru bicia promieniowego i bocznego pił tarczowych z węglkami spiekanyymi. Proponowany układ pomiarowy oparty jest na wykorzystaniu technik wizyjnych. W przyjętym modelu pomiarowym założono, że jeden zęb wybrany losowo, traktowany był jako pierwszy (tzw. zerowy) i w stosunku do tego zęba wykonywane były pomiary. Wyznaczenie wartości bicia promieniowego i bocznego realizowane było w szeregu sesji pomiarowych oddzielnych dla każdego zęba i dla każdego rodzaju „bicia”. Uzyskane wstępne wyniki wskazują na potrzebę prowadzenia dalszych badań nad tą metodą.

Słowa kluczowe: bicie promieniowe, bicie boczne, piła tarczowa, techniki wizyjne.

### METHOD OF MEASUREMENT SELECTED METROLOGICAL PARAMETERS OF CEMENTED CARBIDES CUTTING SAW WITH APPLICATION OF VISUAL INSPECTION

#### Summary

There are presented experimental results of radial run-out and axial run-out measurement of the timber cutting saw with cemented carbides. Measurement system based on visual inspection with CCTV is proposed. Method was based on the assumption, than one of the teeth, randomly choosen, was a reference, and the folowing measurements were taken relate to them. Determination of value of the radial and axial run-out separately for each tooth and kind of run-out was provided in series of experiment sessions. Preliminary results show us the need of following research of this method.

Keywords: radial run-out, axial run-out, cutting saw, visual inspection.

## 1. WSTĘP

Przedmiotem badań są piły tarczowe z węglkami spiekanyymi. Są one najczęściej stosowanymi piłami do cięcia drewna, zarówno wzdłużnego, jak i poprzecznego. Z analizy danych wynika, że dla określenia niezbędnej średnicy takiej piły można wykorzystać następującą zależność

$$D = 2(h + a + e) \text{ [mm]}$$

gdzie:

- D – średnica piły,
- h – wysokość ciętego drewna,
- a – odległość pomiędzy powierzchnią stołu a osią piły,
- e – wielkość wystawiania piły ponad cięte drewno.

Przy średnicy piły 100 mm, powszechnie stosowana jest jej grubość 0,8 mm, a dla średnicy metra - od 6 mm. Duża rozpiętość w grubościach zależy w znacznym stopniu nie tylko od rodzaju obrabiarki i warunków pracy, ale także od poziomu technicznego przygotowania pił do pracy, przede wszystkim od nadania pile odpowiedniego

naprężenia. Prawidłowo eksploatowane piły zachowują swoje naprężenie dłuższy czas. Natomiast piły przegrzane, źle ostrzone, wymagają ponownego naprężenia.

Przeprowadzona analiza wskazuje, że liczba zębów piły tylko w pewnym stopniu zależy od średnicy piły. Główny jednak wpływ na nią mają: szybkość cięcia, wielkość posuwu na jeden zęb, wymagana gładkość powierzchni cięcia, gatunek ciętego drewna i kierunek cięcia.

Doświadczalnie stwierdzono, że większa liczba zębów wymagana jest przy cięciu twardych gatunków drewna, a także przy cięciu poprzecznym w stosunku do cięcia wzdłużnego. Ponadto istotne znaczenie ma wybór właściwego rodzaju uzębienia. Najistotniejsze jest bowiem to, aby wybrać właściwy kąt natarcia uzębienia, a więc dostosować piłę do rodzaju cięcia tj. wzdłużnego lub poprzecznego.

W trakcie badań poszczególnych parametrów pił szczególną uwagę poświęcono badaniom bicia promieniowego i bocznego pił.

## 2. PODSTAWOWE WYMAGANIA WOBEC PIŁ TARCZOWYCH

Piły tarczowe muszą spełniać podstawowe wymagania normy europejskiej EN 847-1. Norma ta, ustanowiona w 1997 roku, zawiera podstawowe wymagania bezpieczeństwa dotyczące pił tarczowych. W 1999 roku Polski Komitet Normalizacyjny wdrożył normę EN 847-1 w naszym kraju, jako PN-EN 847-1: 1999 „Narzędzia do drewna – Wymagania bezpieczeństwa – Frezy i piły tarczowe”. Wymagania te można sprecyzować w kilku grupach, które w szczególności dotyczą kształtu i wymiarów, wyważenia statycznego i dynamicznego, badań dynamicznych (testy wirowania oraz odrzutu).

Norma określa również, dla różnych stosowanych materiałów minimalne grubości noży oraz wymaganą powierzchnię ich mocowania w głowicach. Określone są maksymalne tolerancje dla otworów do mocowania w piłach tarczowych (H8) oraz w narzędziach nasadzanych (H7), a także średnica, bicie czołowe (maksymalnie 0,02 mm) oraz odchyłki równoległości płaszczyzn czołowych piast narzędzi nasadzanych (również maksymalnie 0,02 mm).

Na podstawie przeprowadzonej analizy dostępnej literatury [1, 2, 6] i zebranych uwag praktycznych należy stwierdzić, że aby właściwie przygotować piłę tarczową do pracy, trzeba wykonać kilka czynności ujętych w określonych wymaganiach. Wszystkie one są niezmiernie istotne z praktycznego punktu widzenia, jednak w rozważaniach szczególną uwagę zwrócono na te, które wpływają na wartość bicia pił. W szczególności mówią one, że:

- Należy przestrzegać zasad czystości powierzchni bocznych pił i uzębienia. Piła podczas cięcia swoją średnicą nie może wychodzić ponad cięty materiał więcej niż 10 mm. Jeżeli wychodzi więcej, może nastąpić jej przegrzanie. Piła straci naprężenie, będzie schodzić z linii cięcia. Piły nie wolno stawiać na zębach. Wiesz się ją lub kładzie na płasko.
- Piła powinna być dobrana do cięcia z uwzględnieniem rodzaju ciętego drewna, sposobu rozkroju: wzdłuż lub poprzecznie do włókien, wysokości ciętego drewna. Wiąże się to z odpowiednimi parametrami wymiarowymi i kątowymi piły, jak również kształtem uzębienia.
- Należy sprawdzić płaskość piły. Ma to na celu wyeliminowanie pił, które mają nadmierną krzywiznę i w czasie pracy mogłyby nastąpić tarcia boczne powierzchni piły o przecinany materiał.
- Ostrzenie uzębienia pił tarczowych nie może doprowadzić do powstawania na powierzchni natarcia i przyłożenia, jak również we wrębie zęba ostrzych przejść i zapiłowań. Jeżeli do ostrzenia używa się ostrzarki mechanicznej, należy zwrócić uwagę na przegrzanie zębów.

W czasie ostrzenia trzeba dążyć do zapewnienia kształtu uzębienia zgodnie z pierwotnym zarysem nowej piły. Nie należy przerabiać uzębienia piły. W zarysie zęba szczególną uwagę zwrócić należy na odpowiedni kąt natarcia.

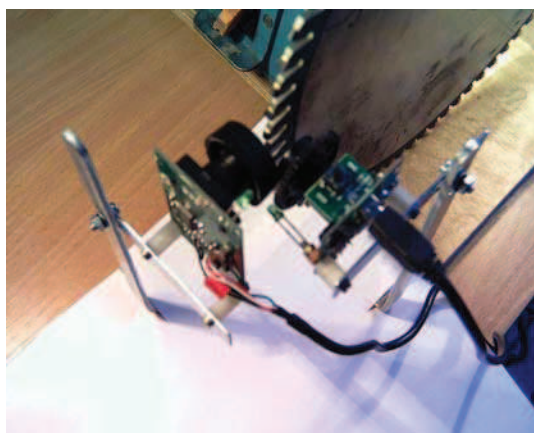
- Należy sprawdzić wielkości rozwarcia uzębienia. Zbyt małe rozwarcie uzębienia może powodować tarcie korpusu piły o przecinany materiał, doprowadzając do przypalania piły. Wielkość rozwarcia uzębienia zależy głównie od grubości piły. Należy pamiętać, że rozwierając zęby trzeba dokonywać wygięcia na 1/3 do 2/3 wysokości zęba. Podstawowe wielkości wychylenia zęba określa polska norma.
- Do mocowania pił stosować zalecane lub większe średnice tarcz dociskowych, zapewniające odpowiednią sztywność piły w czasie pracy. Zachować prawidłowe mocowanie piły na wale maszyny pomiędzy tarczami dociskowymi (piła nie może ślizgać się pomiędzy tarczami dociskowymi). Złe mocowanie prowadzi do przegrzania piły, przez co traci ona swoje naprężenie, a w skrajnych przypadkach może doprowadzić do rozerwania piły. Nie należy dokonywać w sposób dowolny otworów centralnych przeznaczonych do mocowania piły. Niefachowa przeróbka otworu prowadzi do niecentryczności piły (*bicie promieniowe*), utraty naprężenia wewnętrznego i „błędzenia piły” w czasie pracy. Piły po przeróbce otworu winny być przeostrzone na ostrzarkach mechanicznych z uwzględnieniem całego profilu zęba. W razie przeróbki otworu piła powinna być ponownie sprawdzona na bicie oraz bezwzględnie przeostrzona. Dla prawidłowej pracy piły wymagane jest stosowanie odpowiednich tarcz zaciskowych o jednakowej średnicy. Nie mogą one być pełne, muszą posiadać kołnierz od 10 do 18 mm oraz powinny być wolne od uszkodzeń mechanicznych - zadziórów.
- Dla pił tarczowych należy stosować szybkości obwodowe pił w zakresie 40 ÷ 70 m/s. Zwykle jest to 40 ÷ 60 m/s. Obniżanie tego zakresu staje się nieekonomiczne, natomiast przekraczanie granicy 70 m/s może prowadzić do przeciążenia piły, zniszczenia jej korpusu i spowodować zagrożenie dla bezpośredniej obsługi. W przypadku wykorzystania pierścienia redukcyjnego musi on być dopasowany, by nie nastąpiło zwiększone bicie promieniowe.
- Należy sprawdzić, czy piła posiada wierzchołki zębów na jednej średnicy, aby obciążenie poszczególnych zębów było równomierne. Praktycznie można to sprawdzić dokonując pomiaru bicia promieniowego lub pośrednio, poprzez pomiar wysokości zębów przy ostrzeniu na profesjonalnych ostrzarkach do pił tarczowych.

### 3. OGÓLNA KONCEPCJA UKŁADU POMIAROWEGO

Proponowany układ pomiarowy oparty jest na wykorzystaniu technik wizyjnych i zaliczany jest do metod bezstykowych. W założeniu przyjęto, że uchwyt mocujący tarczę piły jest wzorcowy, tzn. nie wnosi żadnych błędów. Natomiast główne badania są skierowane na pomiar bicia promieniowego i bocznego piły. Szczegółowa analiza wymagań, które muszą spełniać piły tarczowe z węglnikami spiekanymi pozwoliła określić zakresy pomiarowe parametrów węglników spiekanych stanowiące podstawę koncepcji układu pomiarowego. W szczególności układ pomiarowy powinien zapewniać pomiar:

- bicia promieniowego węglników spiekanych w zakresie  $0 \div 1,0$  mm,
- bicia bocznego (osiowego) węglników w zakresie  $0 \div 2$  mm,
- bicia bocznego tarczy mierzone pod wrębem zęba  $0 \div 3$  mm,
- błąd bezwzględny mniejszy od 0,01 mm.

Stanowisko pomiarowe składa się z układu mocującego piłę tarczową i układu kamer przekazujących wyniki pomiarów do odpowiednio oprogramowanego komputera. Widok stanowiska pomiarowego przedstawiony jest na rys. 1.

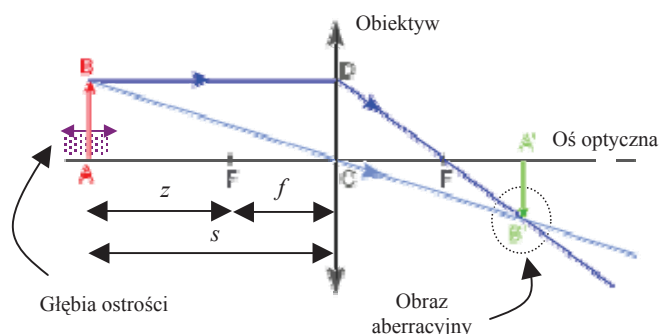


Rys. 1. Widok stanowiska pomiarowego

W związku z wykorzystaniem fotogrametrii bliskiego zasięgu w zakresie wstępnych badań przeanalizowano własności optyczne układu pomiarowego. Szczegóły układu przedstawiono na rys. 2. Końcowe wnioski ujęto w następujący sposób:

- a) Obraz optyczny nigdy nie jest wiernym odwzorowaniem przedmiotu. Powodem tego jest:
- dyfrakcja światła na przysłonie aperturowej (ograniczająca rozdzielczość przyrządu),
  - filtracja optyczna związana ze skończonymi rozmiarami układu optycznego,
  - aberracje geometryczne wprowadzające zniekształcenia rzutu obserwowanego obiektu w płaszczyźnie obrazowej.

W przypadku występowania aberracji (aberracje geometryczne 3-go rzędu) w płaszczyźnie obrazowej obrazem np. punktu B nie jest punkt B' tylko zbiór punktów stanowiący obraz aberracyjny.



Rys. 2. Własności optyczne układu pomiarowego

- b) Parametry sensora obrazowego:

$$D = 1.75 \text{ mm},$$

$$f = 3.5 \text{ mm},$$

$$\text{rozdzielczość matrycy} \rightarrow 640 \times 480.$$

- c) Głębina ostrości:

Istotną rzeczą w procesie pomiarowym jest dobór głębi ostrości. W rozpatrywanym przypadku istotne jest dopasowanie parametrów układu optycznego do wymiarów zęba piły. Zależność opisująca głębnię ostrości  $\Delta g$  wyraża się następująco

$$\Delta g_{\pm} = \frac{s}{\left| \frac{D \cdot f}{\Delta x \cdot z} \pm 1 \right|}$$

gdzie:

D – średnica obiektywu,

$\Delta x$  – wymiar piksela obrazu.

Z przeprowadzonych obliczeń dla wykonanego układu wynosi ona  $\Delta g \approx \pm 1 \text{ mm}$  i jest porównywalna z rozmiarami geometrycznymi analizowanego obiektu (zab piły).

- d) Analiza zdolności rozdzielczej systemu

Zdolność rozdzielczą przyrządów optycznych ograniczają w głównej mierze zjawiska dyfrakcji światła na przysłonie aperturowej oraz aberracje.

W przypadku małych aberracji mówimy o przyrządzie ograniczonym dyfrakcyjnie. Liniową zdolność rozdzielczą  $r_A$  takiego przyrządu można wyznaczyć z zależności

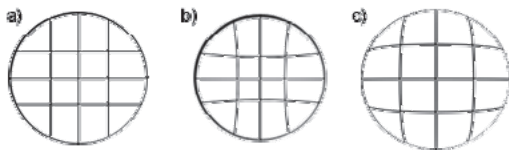
$$r_A = 1,22 \cdot f \cdot \frac{\lambda}{D}$$

gdzie  $\lambda$  oznacza długość fali.

Dla wykonanego układu rozdzielczość dyfrakcyjna wynosi  $r_A \approx 1 \mu\text{m}$  co stanowi wartość o blisko jeden rząd mniejszą niż wymiary piksela matrycy obrazowej. Tym samym zastosowana optyka nie ogranicza rozdzielczości systemu pomiarowego.

W proponowanej metodzie (jak i w większości układów pomiarowych wykorzystujących elementy optyczne) możemy mieć do czynienia z następującymi aberracjami:

- sferyczną (pośrednio wpływającą na rozdzielczość systemu pomiarowego),
- astygmatyzmem (zniekształcającym obrazy obiektów oddalonych od osi optycznej),
- chromatyczną (możliwą do wyeliminowania przy zastosowaniu rejestracji obrazów w świetle monochromatycznym),
- dystorsją (spowodowaną różnym powiększeniem obrazu w funkcji odległości od osi optycznej). Wpływ dystorsji na zobrazowanie przedstawia rys. 3.



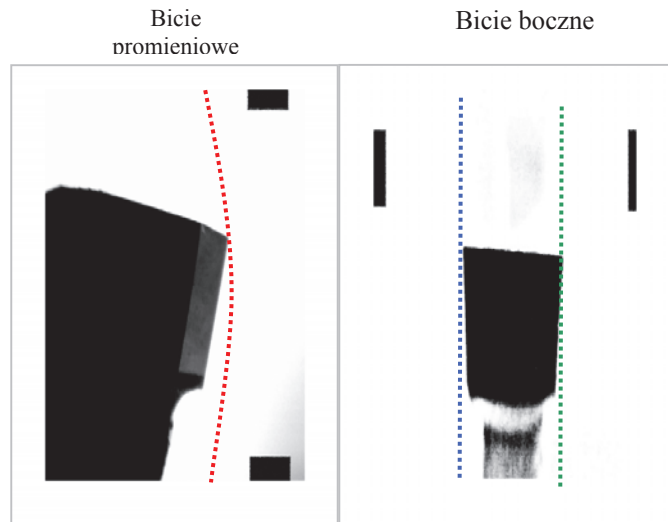
Rys. 3. Wpływ dystorsji na zobrazowanie:  
a) przedmiot obserwacji (siatka),  
b) dystorsja typu „poduszka”,  
c) dystorsja typu „beczka”

W przypadku rozpatrywanego układu pomiarowego najistotniejsze znaczenie może mieć dystorsja. Istnieje więc konieczność korekcji tego typu aberracji poprzez stosowanie optycznych układów ortoskopowych lub wyznaczenie „mapy dystorsji (funkcji dystorsji)” i uwzględnienie jej w algorytmach obliczeniowych.

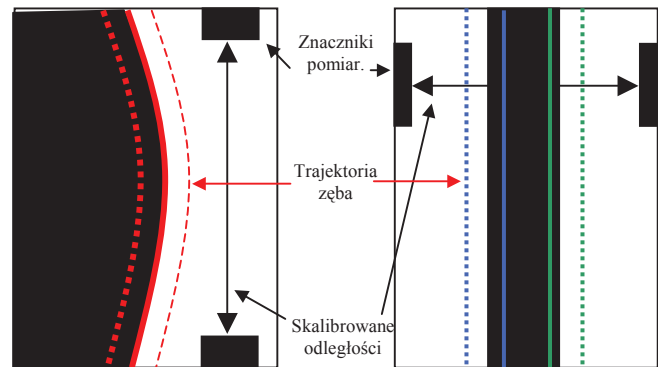
#### 4. METODYKA POMIARÓW

W proponowanym modelu pomiarowym przyjmujemy, że jeden ząb, wybrany losowo, traktujemy jako pierwszy i w stosunku do tego zęba następują pomiary. Tak więc dla tego pierwszego zęba wynik pomiaru wynosi zero. Kolejne pomiary wykonujemy względem zęba pierwszego lub tzw. zerowego. Załóżmy, że drugi ząb jest niższy o 0,01 mm, trzeci ząb jest niższy o 0,03 mm, czwarty ząb jest niższy o 0,12 mm itd. Po uzyskaniu wszystkich wyników największa odległość od zęba zerowego określana będzie biciem promieniowym.

Zastosowana idea pomiarowa nawiązuje do mikroskopii optycznej z wykorzystaniem obserwacji w jasnym polu. Ze względu na funkcjonalność realizowaną przez system pomiarowy (pomiar geometrii zęba) oraz konieczność zastosowania cyfrowego przetwarzania obrazów uzyskiwane rejestrogramy mają postać obrazów cieniowych. Schematyczny widok pola odczytowego przedstawia rys. 4, natomiast ideę pomiarową rys. 5.

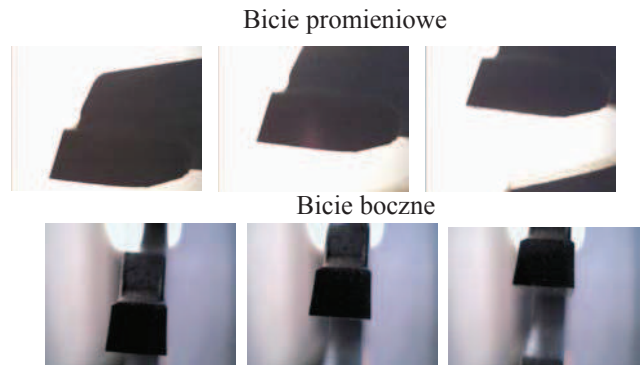


Rys. 4. Schematyczny widok pola odczytowego



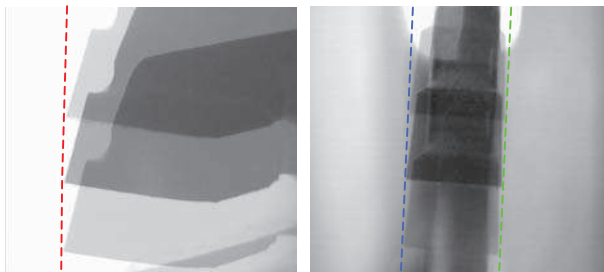
Rys. 5. Idea pomiarowa bicia promieniowego i bocznego

Wyznaczanie poszukiwanych parametrów (wartość bicia promieniowego i bocznego) [7] realizowane jest w serii pomiarowej, złożonej z szeregu sesji pomiarowych oddzielnych dla każdego zęba i dla każdego rodzaju „bicia”. Na pojedynczą sesję pomiarową składa się seria zdjęć „zęba”.



Rys. 6. Seria zdjęć zęba dla bicia promieniowego i bicia bocznego

W wyniku analizy rejestrogramów metodami cyfrowego przetwarzania obrazów zostają w kolejnych krokach wyznaczone odpowiednie współrzędne obrazowe pozycji zęba ( $x_i, y_i$ ) a w efekcie i funkcja  $f_{nr}$  opisująca trajektorię jego obrotu rys. 7.



Rys. 7. Wyznaczanie trajektorii obrotu zęba

W następnej kolejności określone zostają (poprzez porównanie z zębami odniesienia  $nr = 0$ ) parametry charakterystyczne  $BX$  tj. bicie promieniowe BP i bicie boczne BB. Ogólną postać tzw. „bicia piły” przedstawia poniższa zależność

$$BX_{nr} = \frac{1}{i} \sum_i f_{nr}(x_i, y_i) - \frac{1}{j} \sum_j f_0(x_j, y_j).$$

5. PRZYKŁADOWE WYNIKI BADAŃ

W trakcie badań (bicia promieniowego) piły typu 250x30x3,2/2,5; z = 80 GA-5 zastosowano metodę najmniejszych kwadratów do wyznaczenia promienia obrotu R na podstawie N pomiarów pozycji zęba ( $x_i, y_i$ ). Wychodząc z równania okręgu  $(x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 = R^2$  gdzie:

R – promień obrotu zęba,  
 $x_0, y_0$  – środek obrotu zęba,  
 oraz wykorzystując metodę najmniejszych kwadratów otrzymano

$$\zeta = \sum_{i=1}^N ((x_i - x_0)^2 + (y_i - y_0)^2 - R^2)^2$$

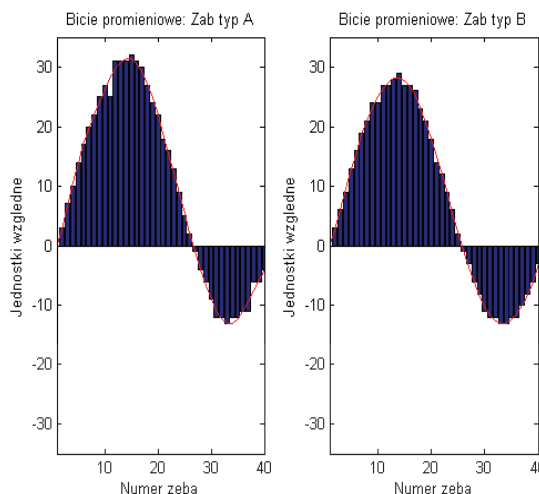
$$\frac{\partial \zeta}{\partial R^2} = R^2 N - \sum_{i=1}^N x_i^2 + 2x_0 \sum_{i=1}^N x_i - Nx_0^2 -$$

$$\sum_{i=1}^N y_i^2 + 2y_0 \sum_{i=1}^N y_i - Ny_0^2 = 0.$$

Po przekształceniach ostateczny wzór na promień obrotu R przy N pomiarach zęba ( $x_i, y_i$ ) przyjmuje postać

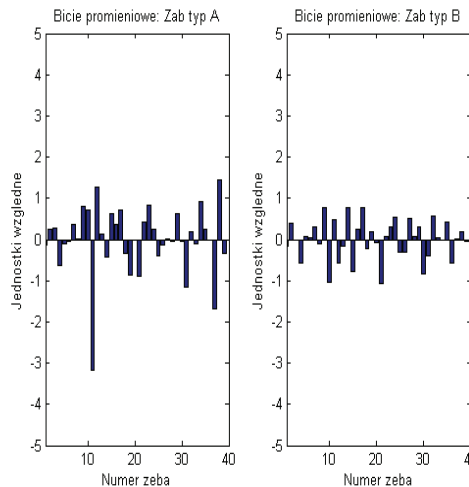
$$R = \frac{1}{N} \left( \sum_{i=1}^N x_i^2 + \sum_{i=1}^N y_i^2 - 2 \sum_{i=1}^N x_i x_0 - 2 \sum_{i=1}^N y_i y_0 + Nx_0^2 + Ny_0^2 \right).$$

Dane z całej serii pomiarowej zostają porównane ze sobą (porównanie wyników z kolejnych sesji z rezultatami uzyskanymi dla zęba odniesienia), co umożliwi wykreślenie rozkładu bicia piły w funkcji kolejnych jej zębów rys. 8.



Rys. 8. Wyniki bicia promieniowego

Widoczny na wykresie „trend” związany jest z przesunięciem rzeczywistej osi obrotu piły. Minimalizację powyższego zjawiska można uzyskać poprzez zastosowanie odpowiedniej procedury korygującej - rys. 9.



Rys. 9. Skorygowane wyniki bicia promieniowego

Zaproponowana metoda analizy danych minimalizuje błędy wnoszone przez:

- niedokładność pozycjonowania rejestratorów obrazu w stosunku do mechanizmu na którym zamocowana jest piła tarczowa,
- niedokładność wyznaczenia parametrów akwizycji obrazu (aktualne powiększenie, odległość do obserwowanego obiektu).

Uzyskane w trakcie badań wyniki pomiarów w warunkach statycznych pozwoliły na oszacowanie wartości bicia promieniowego rzędu 0,05 mm.

## 6. PODSUMOWANIE

Proponowana metoda jest rozwiązaniem zaliczanym do grupy bezkontaktowych metod pomiarów wymiarów geometrycznych. Nośnikiem informacji jest promieniowanie świetlne a (bezpośrednio) mierzonym parametrem jego natężenie. Ze względu na strukturę systemu pomiarowego jak i sam obiekt badań, rozwiązanie plasuje się w grupie pomiarów z zakresu fotogrametrii bliskiego zasięgu. Zastosowana idea pomiarowa nawiązuje do mikroskopii optycznej z wykorzystaniem obserwacji w jasnym polu.

Na podstawie przeprowadzonych badań należy stwierdzić, że analizowane problemy są złożone. W szczególności związane są one z opracowaniem metod niezależniających całość procedury pomiarowej od wymogów znajomości poszczególnych parametrów geometrycznych i optycznych układu (np. położenia osi obrotu piły oraz jej zębów w stosunku do rejestratorów obrazowych, pola widzenia układu optycznego itp. [4, 5]. Problematyka przedstawiona w publikacji ma charakter ogólny. Nie wyczerpuje zagadnienia i może stanowić ramy do tworzenia opracowań szczegółowych mających zastosowanie w nauce i w przemyśle. Jednak na podstawie przeprowadzonych rozważań teoretycznych oraz potwierdzających je badań laboratoryjnych można stwierdzić, że:

1. Zastosowana optyka nie ogranicza rozdzielczości systemu pomiarowego.
2. Uzyskane wstępne wyniki badań spełniają założone kryteria i jednocześnie wskazują na potrzebę prowadzenia dalszych badań nad tą metodą.

## LITERATURA

- [1] Białas S.: *Specyfika geometrii wyrobów podstawą zapewnienia jakości na etapie projektowania*. VI Sympozjum klubu POLSKIE FORUM ISO 9000 „Metrologia w systemach jakości – 3”. Kielce, 16 ÷ 18 października 2000.
- [2] Gazdecki A.: *Analiza MSA (Measurement System Analysis) na przykładzie przemysłu motoryzacyjnego*. VI Sympozjum klubu POLSKIE FORUM ISO 9000 „Metrologia w systemach jakości – 3”. Kielce, 16 ÷ 18 października 2000.
- [3] Nocuń M., Ratajczyk E.: *Współrzędnościowa technika pomiarowa w systemach jakości produkcji*. VI Sympozjum klubu POLSKIE FORUM ISO 9000 „Metrologia w systemach jakości – 3”. Kielce, 16 ÷ 18 października 2000.
- [4] Ratajczyk E.: *Procedury pomiarów przestrzennych i ich oprogramowanie komputerowe*. II Szkoła – Konferencja „Metrologia wspomagana komputerowo”. T. 3. Zegrze k/Warszawy, 22 ÷ 25 maja 1995.
- [5] Ratajczyk E.: *Tendencje rozwoju współrzędnościowej techniki pomiarowej*. VII Szkoła – Konferencja „Metrologia wspomagana komputerowo”. T. 1. Waplewo, 17 ÷ 20 maja 2005.
- [6] Wilk A., Łazarz B., Madej H.: *Diagnostyka wibroakustyczna przekładni zębatych*. V Krajowa Konferencja „Diagnostyka techniczna urządzeń i systemów”. Ustroń, 13 ÷ 17 października 2003.
- [7] Żebrowska – Łucyk S.: *Sprawdzanie dokładności uniwersalnych przyrządów do pomiaru odchyłek kształtu i położenia*. VI Sympozjum klubu POLSKIE FORUM ISO 9000 „Metrologia w systemach jakości – 3”. Kielce, 16 ÷ 18 październik 2000.



Dr inż. **Piotr BASZUN** jest wieloletnim nauczycielem akademickim Instytutu Systemów Elektronicznych WAT. Bierze aktywny udział w pracach badawczych Zakładu. Jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu artykułów i referatów w czasopiśmie oraz na konferencjach krajowych i zagranicznych.



Dr inż. **Henryk KRÓL** jest absolwentem Wydziału Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej oraz Akademii Obrony Narodowej. Jego zainteresowania zawodowe koncentrują się wokół metod oceny systemów, a obecnie w szczególności systemów informacyjno - pomiarowych.



Dr inż. **Marek PISZCZEK** ukończył studia na Wydziale Elektroniki w 1995. Od 2003 jest pracownikiem naukowo - dydaktycznym Wydziału Techniki Wojskowej WAT. Jego zainteresowania zawodowe koncentrują się wokół zagadnień z zakresu inżynierii informacji obrazowej.