

Pomiar dokładności kształtu pióra łopatkki wirnika ramieniem pomiarowym

Analysis the accuracy of geometry rotor blade performed using coordinate measuring arm

JAN BUREK
PAWEŁ TUREK
MICHAŁ GDULA *

DOI: 10.17814/mechanik.2016.11.472

Przedstawiono wyniki badań dokładności pomiaru kształtu pióra łopatkki wirnika ramieniem pomiarowym wyposażonym w głowicę laserową. Wyniki pomiarów zostały porównane z teoretycznym modelem CAD w programie GOM Inspect. **SŁOWA KLUCZOWE:** łopatkka wirnika, ramię pomiarowe, dokładność, pomiar optyczny

The paper presents comparative study of analysis the accuracy of geometry rotor blade. Measurements was performed using coordinate measuring arm with optical system. The results of measurements was compared with the theoretical CAD model in GOM Inspect software.

KEYWORDS: rotor blade, coordinate measuring arm, accuracy, optical measurement

Dokładność kształtu powierzchni pióra łopatkki ma istotny wpływ na warunki przepływu powietrza, a tym samym na poprawność funkcjonowania całego wirnika podczas eksploatacji.

Obecnie w procesie pomiaru dokładności wykonania pióra łopatkki najczęściej stosowane są maszyny współrzędnościowe [1–4]. Jest to metoda pomiaru bardzo dokładna, jednak wymaga dużych nakładów finansowych na zakup odpowiedniej maszyny pomiarowej i oprogramowania, a czas pomiaru jest długi. Stąd też poszukuje się innych urządzeń pomiarowych, umożliwiających kontrolę wymiarów geometrycznych pióra łopatkki, takich jak współrzędnościowe ramie pomiarowe [5]. Ramie pomiarowe zaliczane jest do grupy systemów hybrydowych, które oprócz pomiaru metodą stykową umożliwiają także pomiar optyczny, wykorzystując do tego m.in. głowicę laserową [6]. Główną zaletą pomiaru metodą optyczną jest krótki czas pomiaru dokładności powierzchni. Powstaje jednak pytanie o dokładność pomiaru z zastosowaniem tej metody, w szczególności w przypadku powierzchni złożonej, jaką jest kształt pióra łopatkki wirnika.

Metodyka pomiaru

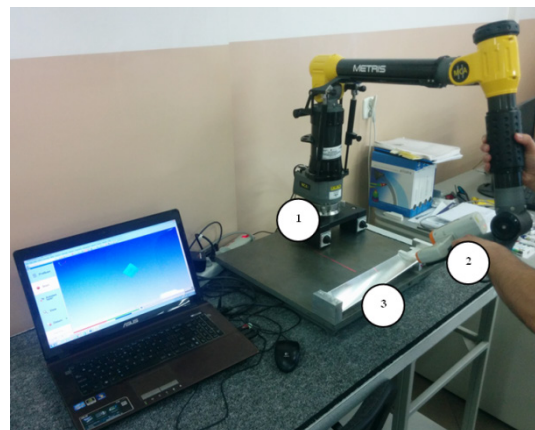
Pomiar geometrii pióra łopatkki przeprowadzono ramieniem pomiarowym MCA II z głowicą laserową MMD x 100 (rys. 1). Parametry dokładności ramienia pomiarowego zebrano w tabelicy. Przedstawione w tabeli wartości wyznaczone zostały zgodnie ze specyfikacją ASME B89.4.22 [7]. Dopuszczalne błędy układu ramie pomiarowe MCA II

– głowica laserowa MDD x 100 oszacowane na poziomie ufności 95% wynoszą $\pm 0,03$ mm.

TABLICA. Parametry dokładności ramienia pomiarowego z głowicą laserową

| Rodzaj testu | Uzyskana/dopuszczalna wartość, mm |
|---|-----------------------------------|
| Dokładność ramienia – test pojedynczego punktu | $\pm 0,022$ / $\pm 0,024$ |
| Dokładność ramienia – test przestrzenny | $\pm 0,032$ / $\pm 0,035$ |
| | Maksymalny błąd, mm |
| Dokładność głowicy laserowej | $\pm 0,02$ |
| Dokładność ramię + głowica laserowa (płaska powierzchnia) | $\pm 0,03$ |

Pomiary wykonano oddzielnie dla powierzchni wypukłej i wklęsłej pióra łopatkki. Oceniono także powtarzalność przyjętej procedury pomiarowej. Dla powierzchni wypukłej różnica odchylenia standardowego mieściła się w zakresie $\pm 0,004$ mm, a dla wklęsłej: $\pm 0,003$ mm.



Rys. 1. Widok stanowiska pomiarowego: 1 – ramię pomiarowe, 2 – głowica laserowa, 3 – mierzona łopatkka

W wyniku pomiaru powierzchni wypukłej i wklęsłej pióra łopatkki wirnika uzyskano chmurę punktów definiującą geometrię mierzonego obiektu. Następnie dokonano filtracji poprzez redukcję punktów pomiarowych w programie Focus Inspection. Dzięki temu procesowi uporządkowano punkty definiujące geometrię modelu.

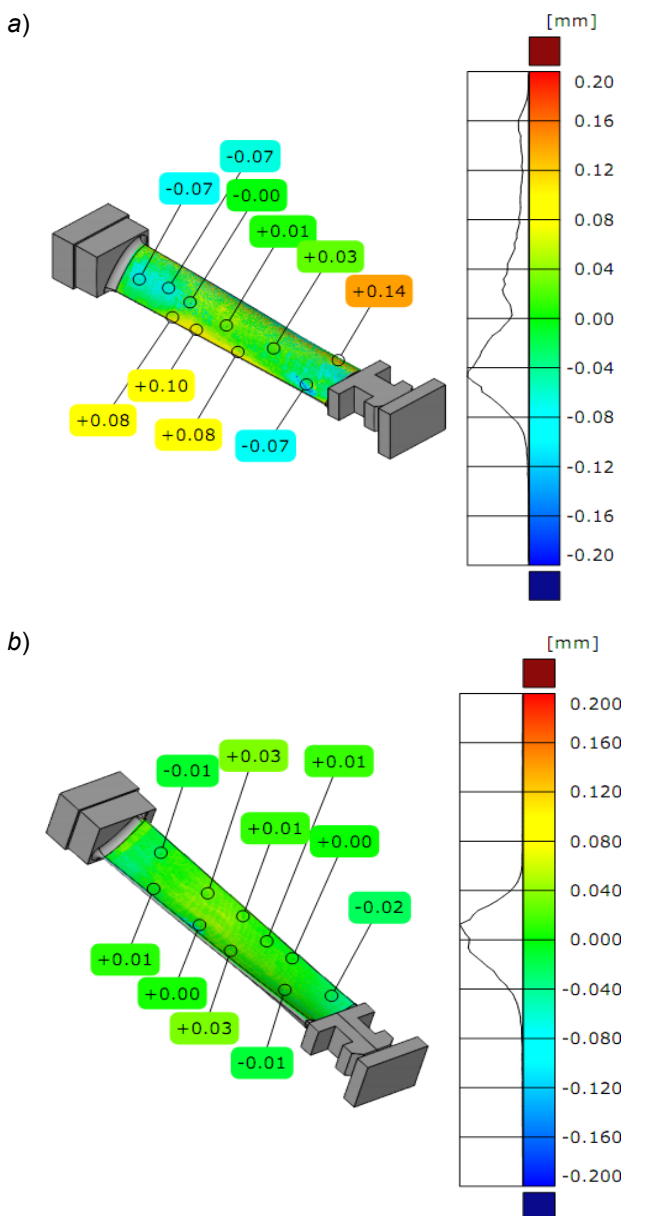
Dopasowanie modelu nominalnego (teoretycznego) uzyskanego na etapie projektowania CAD oraz modelu odniesienia powstałego na etapie pomiaru przy użyciu systemu pomiarowego zrealizowano metodą *best fit* z dokładnością do 0,001 mm. W przypadku powierzchni wypukłej

* Dr hab. inż. Jan Burek prof. PRZ (jburek@prz.edu.pl), mgr inż. Paweł Turek (pturek@prz.edu.pl), mgr inż. Michał Gdula (gdulam@prz.edu.pl) – Politechnika Rzeszowska

oraz wklęsłej oszacowano średnie błędy dopasowania (odpowiednio: 0,05 mm oraz 0,01 mm). Uzyskano je poprzez wyliczenie średniej arytmetycznej z trzech pomiarów wykonanych w warunkach powtarzalności.

Wyniki pomiarów

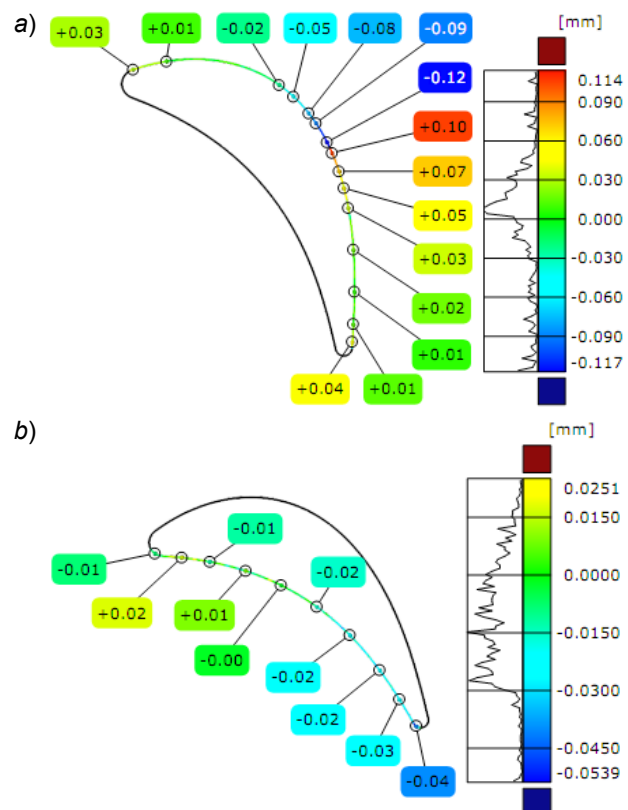
Wyniki pomiarów dokładności kształtu odwzorowania powierzchni pióra łopatkki przedstawiono na rys. 2. W przypadku powierzchni wypukłej wartość średnia odchyłki wyniosła 0,002 mm, przy odchyleniu standardowym równym 0,053 mm (rys. 2a). Dane zebrane wskazują na normalność rozkładu oraz charakteryzują się asymetrią prawostronną. W przypadku powierzchni wklęsłej wartość średnia odchyłki wyniosła 0,001 mm, a odchylenie standardowe 0,035 mm (rys. 2b). Zebrane dane wskazują na normalność rozkładu oraz charakteryzują się symetrycznością.



Rys. 2. Dokładność geometrii pióra łopatkki: a) powierzchnia wypukła, b) powierzchnia wklęsła

W celu przedstawienia pełniejszego raportu uwzględniono przykładowy przekrój powierzchni pióra łopatkki (rys. 3).

Różnice w uzyskanych raportach wynikają przede wszystkim z typu obrabianej powierzchni (wklęsła i wypukła), a także z ciągłej zmiany krzywizny w kierunku ruchu narzędzia.



Rys. 3. Dokładność wybranego przekroju łopatkki: a) powierzchnia wypukła, b) powierzchnia wklęsła

Podsumowanie

Z przeprowadzonych badań wynika że pomiar optyczny wykonany przy użyciu ramienia pomiarowego z głowicą laserową, może stanowić alternatywę dla stykowych współrzędnościowych systemów pomiarowych. Z wcześniej przeprowadzonych badań własnych pomiarów tej samej łopatkki na współrzędnościowej maszynie pomiarowej ACCURA II metodą stykową wynika, że odchyłka kształtu odwzorowania profilu wynosi około 0,02 mm dla elementu rzeczywistego [2]. Stwierdzono również, że błędy modelowania są pięciokrotnie mniejsze niż odchyłki po obróbce.

LITERATURA

- Burek J., Żurek P., Gdula M., Misiura J., Żurawski K. „Wykonanie pióra łopatkki na podstawie modelu uzyskanego w wyniku pomiarów współrzędnościowych”. *Mechanik*. R. 88, nr 2 (2015): CD.
- Burek J., Żyłka Ł., Gdula M., Turek P. „Analysis the accuracy of simultaneous five axis machining free surfaces parts of difficult to machine materials used in aviation technology”. *Archives of Mechanical Technology and Automation*. Vol. 34, No. 4 (2014): pp. 25–36.
- Magdziak M. „Porównanie wyników pomiarów współrzędnościowych pióra łopatkki turbiny”. *Mechanik*. R. 87, nr 8–9 (2014): CD.
- Kawalec A., Magdziak M. „Analiza dokładności pomiarów współrzędnościowych pióra łopatkki”. *Pomiary Automatyka Kontrola*. Nr 4(59) (2013): s. 330–332.
- Ratajczyk E. „Współrzędnościowe ramiona pomiarowe w zastosowaniach przemysłowych”. *Pomiary Automatyka Robotyka*. Nr 2 (2012): s. 16–22.
- Ratajczyk E., Adamczyk A. „Porównanie dokładności wybranych skanerów laserowych”. *Mechanik*. R. 88, nr 12 (2015): s. 945–948.
- ASME B89.4.22-204 Methods for Performance Evaluation of Articulated Arm Coordinate Measuring Machines.