

# Wyznaczanie płaskości płyt pomiarowych oraz prostoliniowości liniałów różnymi metodami

**Paweł Zalewski**

Okręgowy Urząd Miar w Łodzi

W pracy omówiono metody wyznaczania płaskości płyt pomiarowych oraz prostoliniowości liniałów, zapewnienie spójności pomiarowej poprzez odniesienie do wzorców państwowych, oraz składniki niepewności pomiaru i ich wpływ na określenie klasy przyrządu.

## Different methods of designation of flatness of measurement plates as well as rectilinearity of rulers

Methods of designation of flatness of measurement plates as rectilinearity of rules, assurance of measurement traceability with reference to the national standards, and components of measurement uncertainty and their influence on the qualification of the instrument class have been discussed in the paper.

### 1. Wstęp

Powierzchnie, a także linie części maszyn i urządzeń projektowane są jako twory geometrycznie idealne, to znaczy, że w założeniach płaszczyzny są idealnie płaskie, linie idealnie proste, a okręgi nie posiadają odchyłek okrągłości oraz istnieje idealna równoległość i prostokątność. Takie idealne kształty nazywane są geometrycznie poprawnymi i stanowią bazy będące odniesieniami do określenia odchyłek kształtu i położenia. Na skutek niedoskonałości obrabiarek oraz szeregu zjawisk fizycznych, które występują w procesie wytwarzania, rzeczywiste powierzchnie i linie wykonywane są z pewnymi odchyłkami w stosunku do kształtów geometrycznie poprawnych. Pomijając chropowatość, odchyłki te nazywane są błędami kształtu i położenia. Odchyłka kształtu (prostoliniowość, płaskość, okrągłość, walcowość) jest to największa odległość powierzchni lub linii rzeczywistej od powierzchni lub linii przylegającej – jest to największa odległość punktów elementu rzeczywistego od elementu przylegającego. Z konstrukcyjnego punktu widzenia element przylegający jest odpowiednikiem części współpracującej.

### 2. Pomiar prostoliniowości liniałów przy pomocy autokolimatora AK1 oraz dwupoziomnicowego systemu elektronicznego „Talywel 5”

Autokolimator AK1 jest przyrządem optycznym zawierającym układ odwracający bieg wiązki światła z jednoczesnym jej zogniskowaniem. Składa się z kolimatora i zwierciadła płaskiego. Autokolimator służy do pomiaru bezpośredniego małych przemieszczeń kątowych (zakres pomiarowy 12', działka elementarna 1”).

Pomiar prostoliniowości liniału powierzchniowego przy pomocy autokolimatora AK1 przeprowadzamy w następujący sposób. Należy ustawić liniał powierzchniowy o stałym przekroju i długości  $L$  na jednorodnej powierzchni, wspierając go na dwóch podporach

o takim samym wymiarze. Podpory powinny być ustawione w odległości  $a = 0,2232 L$  od krańców liniału. Na jednym z krańców liniału umieszczamy kolimator, na przeciwnym zaś zwierciadło płaskie. Następnie przesuwamy wzdłuż liniału zwierciadło o ustalony stały krok równy odległości podpór podstawy zwierciadła (np. 100 mm).

Jeśli znany jest rozstaw podpór podstawy zwierciadła i jeśli podczas pomiarów kolejne położenia zwierciadła zajmują takie położenia, że podpora lewa jest dokładnie w tym samym miejscu co podpora prawa w poprzednim położeniu, to odchyłkę w danym punkcie możemy obliczyć z równania:  $y_i = y_{i-1} + l \sin \alpha$ , gdzie:  $y_i, y_{i-1}$  – współrzędne poszczególnych punktów pomiarowych,  $l$  – długość odcinka pomiarowego równa odległości podpór zwierciadła,  $\alpha$  – kąt nachylenia odcinka pomiarowego. Następnie należy wyznaczyć położenie prostej odniesienia. Znając położenie prostej odniesienia, maksymalny błąd płaskości wyznacza się ze wzoru  $\Delta_p = (h_1 + h_2) \cos \varphi$ , w którym:  $h_1, h_2$  – największe odchylenia wykresu błędów płaskości od prostej odniesienia po obu jej stronach,  $\varphi$  – kąt nachylenia prostej odniesienia.

Elektroniczny system dwupoziomnicowy „Talywel 5” produkcji TAYLOR HOBSON jest poziomnicą elektroniczną działającą na zasadzie wahadła i systemu elektronicznego odczytującego jego położenie. Jest to zestaw dwóch poziomnic pracujących w układzie różnicowym gdzie jedna poziomnica jest nieruchoma, druga zaś przesuwana jest po badanej powierzchni wzdłuż przyjętych linii. Zakres pomiarowy wynosi  $\pm 3$  mm/m, działka elementarna wynosi 0,001 mm/m.

Pomiar prostoliniowości liniału powierzchniowego przy pomocy elektronicznego systemu dwupoziomnicowego Taylora Hobsona wykonujemy w sposób zbliżony do pomiarów autokolimatorem AK1. Różnica polega na zastąpieniu zwierciadła autokolimatora przez ruchomą poziomnicę. Drugą z poziomnic traktujemy zaś jako poziomnicę stałą, którą umieszczamy na jednorodnej powierzchni, na której wsparty jest badany liniał.

Im niższe wartości błędów tym do wyższej klasy dokładności można zaliczyć liniał powierzchniowy. Wartości dopuszczalne dla danej klasy określa norma PN-74/M-53180. Odchyłkę prostoliniowości podaje się na świadectwie wzorcowania wraz z niepewnością pomiaru. Niepewność złożona pomiaru zawiera takie składowe jak:

- niepewność standardowa związana z pomiarem różnicy wysokości między poszczególnymi punktami pomiarowymi na liniale, w skład której wchodzi niepewność standardowa wyznaczenia długości bazy pomiarowej i niepewność standardowa pomiaru kąta pochylenia zarysu (związana z rozdzielczością przyrządu pomiarowego, błędami wskazań i niepewnością ich wyznaczenia),
- niepewność standardowa związana z odtwarzalnością wyznaczenia odchylenia od prostoliniowości (w zależności od ustawienia przyrządu pomiarowego oraz mostka pomiarowego względem liniału),
- niepewność standardowa związana z odchyleniem od płaskości powierzchni pomiarowej zwierciadła (składowa ta występuje przy pomiarach auto-kolimatorem),
- niepewność standardowa związana z liczbą kroków pomiarowych,
- niepewność standardowa związana z pozostałymi wpływami: ugięcie liniału spowodowane naciskiem mostka pomiarowego, ugięcie liniału spowodowane własnym ciężarem, zmiana ugięcia liniału wskutek nieprecyzyjnego podparcia liniału w punktach  $a = 0,2232 L$ , błąd software'u.

### 3. Pomiar płaskości płyt pomiarowych przy pomocy autokolimatora AK1 oraz dwupoziomnicowego systemu elektronicznego „Talywel 5”

Pomiar płaskości płyt przy pomocy elektronicznego systemu dwupoziomnicowego Taylora Hobsona wykonywany jest metodą „siatki”. W metodzie tej pomiar wykonywany jest wzdłuż linii równoległych do tworzących powierzchni pomiarowej płyty. Jedną z dwóch poziomnic jest nieruchoma, drugą zaś przesuwa się o przyjęty przedział równy odległości stóp podparcia poziomnicy. Im mniejsze są owe przedziały tym dokładniejsze jest wyznaczenie płaskości powierzchni badanej.

Dzięki bezpośredniej transmisji danych z układu pomiarowego do komputera przenośnego wyniki pomiarów są znane bezpośrednio po ich zakończeniu.

Potwierdzenie klasy dokładności płyty dokonywane jest zgodnie z normą PN-ISO 8512-1 dla płyt żeliwnych, lub PN-ISO 8512-2 dla płyt pomiarowych granitowych.

Pomiary płaskości przy pomocy autokolimatora AK1 są wykonywane wzdłuż linii siatki przedstawionych po określonym przedziale odległościowym od poprzedniego ustawienia. Im mniejsze są owe przedziały tym dokładniejsze będzie wyznaczenie płaskości powierzchni badanej.

#### Literatura

- [1] W. Ptaszyński: *Pomiary prostoliniowości laserowym systemem ML-10*. Politechnika Poznańska, Instytut Technologii Mechanicznej. Poznań 2005.
- [2] R. Wit: *Pracownia Metrologiczna*. WSiP 1974.
- [3] A. Tomaszewski: *Podstawy Nowoczesnej Metrologii*. WNT, Warszawa 1975.
- [4] S. Adamczak: *Pomiary geometryczne powierzchni. Zarysy kształtu, falistości i chropowatości*. Warszawa WNT 2008.
- [5] W. Jakubiec, J. Malinowski: *Metrologia wielkości geometrycznych*. Warszawa, WNT 2004.
- [6] S. Białas: *Metrologia techniczna z podstawami tolerowania wielkości geometrycznych dla mechaników*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2006.
- [7] J. Malinowski: *Pomiary długości i kąta w budowie maszyn*. WSiP, Warszawa 1998.
- [8] M. Domański: *Metrologia techniczna*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2001.