

URZĄDZENIE DO POMIARU PŁASKOŚCI PIERŚCIENI TŁOKOWYCH SILNIKÓW SPALINOWYCH

Device for the measurement of the flatness of piston rings of combustion engines

Andrzej ZBROWSKI, Tomasz SAMBORSKI

Streszczenie: W artykule zaprezentowano urządzenie do pomiaru płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych w procesie produkcji seryjnej. Obowiązujące systemy jakości wymuszają na producencie prowadzenie bieżącej kontroli wyrobów eliminującej lub minimalizującej możliwości powstawania braków. W przypadku pierścieni tłokowych jednym z parametrów wpływającym w istotny sposób na pracę uszczelnianego węzła jest jego płaskość. Prawidłowy pomiar płaskości wymaga unieruchomienia badanego obiektu względem płaszczyzny referencyjnej. Opracowane urządzenie pozwala na zachowanie powtarzalnych warunków pomiaru związanych z wymaganym sposobem unieruchamiania, polegającym na dociśnięciu pierścienia do płaszczyzny referencyjnej z jednakową siłą w pięciu zdefiniowanych punktach. Zastosowane rozwiązanie umożliwia szybką, jednoczesną zmianę wielkości obciążenia każdego z punktów, zależną od średnicy i grubości badanego pierścienia.

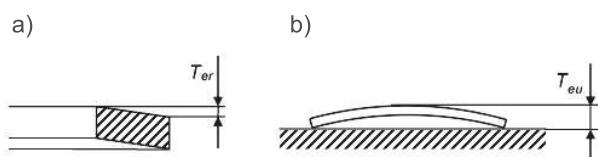
Słowa kluczowe: kontrola jakości, metodyka

Abstract: The article presents a device for the measurement of the flatness of piston rings of combustion engines in a mass production process. The existing quality systems force the manufacturers to conduct an ongoing monitoring of the products that would help them eliminate or minimise the possibility of defects. In the case of piston rings, one of the parameters that significantly influences the operation of the sealed centre is its flatness. A proper measurement of flatness requires the tested object to be immobilized along the reference plane. The developed device helps one to maintain repeatable measurement conditions connected with the required way of immobilization consisting in the pressing of the ring to the reference plane with equal force in the five defined points. The device enables quick and concurrent change in the value of the load in each point depending on the diameter and the thickness of the tested ring.

Keywords: quality control, methodology

Wprowadzenie

Sprostanie wysokim wymaganiom technicznym, stawianym producentom pierścieni tłokowych, możliwe jest jedynie dzięki utrzymaniu stabilnego procesu technologicznego, poddawanego stałej kontroli metrologicznej. Wiąże się to bezpośrednio z koniecznością posiadania odpowiedniego oprzyrządowania, pozwalającego na prowadzenie pomiarów [1] bezpośrednio w warunkach produkcyjnych. Ze względu na unikalny charakter realizowanych pomiarów istnieje potrzeba opracowywania dedykowanego oprzyrządowania, mogącego funkcjonować w specyficznych warunkach produkcyjnych [2, 3]. Jednym z wielu parametrów, charakteryzującym geometrię pierścienia tłokowego, jest jego płaskość identyfikowana w warunkach określonego obciążenia osiowego.

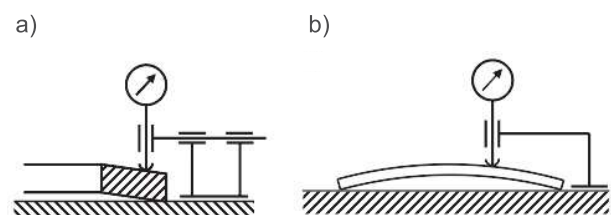


Rys. 1. Błędy płaskości pierścieni: a) skręcenie, b) wypukłość
Fig. 1. Errors in ring flatness: a) twisted, b) dished

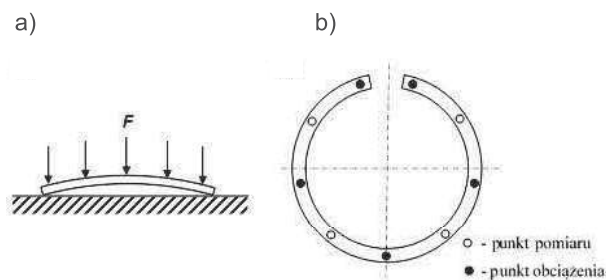
Metodyka pomiaru

Metodyka pomiaru płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych może wynikać z uwarunkowań normatywnych [4] lub wewnętrznych przepisów obowiązujących u określonego producenta. Podstawowym, międzynarodowym dokumentem definiującym sposób pomiaru płaskości jest norma ISO 6621-2 z 2003 r. W przedmiotowej normie zostały zdefiniowane dwa charakterystyczne rodzaje błędów płaskości: skręcenie i wypukłość (rys. 1).

Błąd skręcenia wyznaczany jest przez pomiar różnicy odległości T_{er} od płaszczyzny referencyjnej, prowadzony w kierunku promieniowym pierścienia (rys. 2a). Wynikiem pomiaru błędu skręcenia jest maksymalna wartość zarejestrowana podczas pomiarów w zdefiniowanych



Rys. 2. Wyznaczanie błędu płaskości: a) skręcenia, b) wypukłości.
Fig. 2. Determination of the flatness error: a) twisted, b) dished.



Rys. 3. Warunki pomiaru: a) kierunek obciążenia F, b) rozkład punktów obciążenia i punktów pomiarowych na obwodzie pierścienia

Fig. 3. Measurement conditions: a) load direction F, b) distribution of load and measurement points on the circumference of the ring

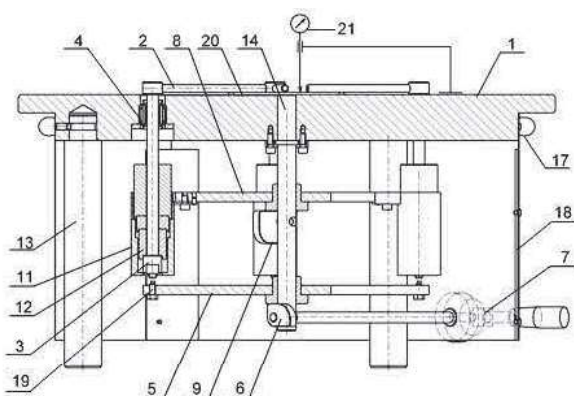
przekrojach. Miarą błędu wypukłości jest maksymalna różnica T_{cu} odległości pomiędzy płaszczyzną referencyjną i punktami znajdującymi się na powierzchni pierścienia (rys. 2b).

Właściwy docisk pierścienia jest parametrem decydującym o poprawności wykonania pomiaru. Metodę docisku pierścienia w procesie pomiaru profilu powierzchni bocznej przedstawia publikacja [5-7]. Pomiar błędów płaskości prowadzony jest w warunkach, w których mierzony pierścień dociskany jest do powierzchni referencyjnej w pięciu punktach rozłożonych równomiernie na obwodzie pierścienia (rys. 3).

Dwa z punktów umieszczone są bezpośrednio po obydwu stronach szczeliny pierścienia. W przypadku braku specjalnych wymagań określonych odrębnymi przepisami, wielkość obciążenia zależy od średnicy nominalnej pierścienia i wynosi:

- 2,5 N dla pierścieni o średnicy < 80 mm,
- 5 N dla pierścieni o średnicy \geq 80 mm.

Pomiary realizowane powinny być za pomocą sferycznej sondy o promieniu $1,5 \pm 0,05$ mm i sile nacisku końcówki pomiarowej ok. 1 N. W trakcie wyznaczania błędu płaskości T_{cu} punkty pomiaru powinny znajdować się w środku ściany pierścienia centralnie pomiędzy punktami obciążenia siłą F. W przypadku pierścieni olejowych



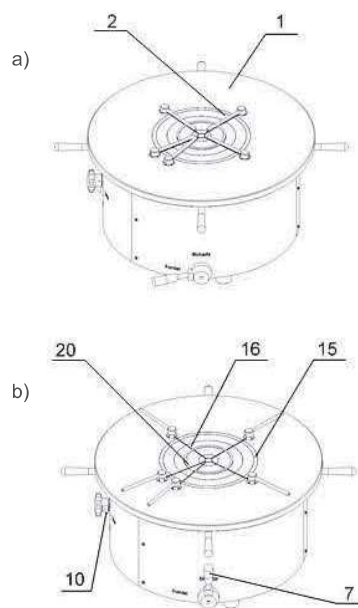
Rys. 4. Przekrój urządzenia pomiarowego (opis w tekście)
Fig. 4. Cross-section of the ring (described in the text)

punkty obciążania i pomiarowe powinny być usytuowane w obszarach mostków najbliższych zdefiniowanych pozycji (rys. 3b).

Budowa urządzenia

Konstrukcję nośną przyrządu stanowi kołowa płyta pomiarowa 1 wsparta na trzech (umieszczonych na obwodzie) nogach (13). W płycie pomiarowej wykonane jest pięć otworów, rozmieszczonych na obwodzie okręgu o średnicy większej od średnicy największego badanego pierścienia (20). Rozmieszczenie kątowe otworów wynika z przyjętej metodyki pomiaru, wymagającej równomiernego docisku pierścienia do płyty pomiarowej. W otworach osadzone są zespoły łożyskowe (4), składające się z promieniowego łożyska igiełkowego i kulkowego łożyska liniowego. Zespoły łożyskowe pozwalają na realizację niezależnego, złożonego ruchu obrotowego i liniowego osadzonych w nich docisków. Pionowe ramię docisku zakończone jest nakrętką zabierającą (3), spełniającą dwa zadania. Pierwsze to zmiana jej długości, uzyskanie jednakowego ciężaru każdego z zespołów składających się z docisku i nakrętki zabierającej. Drugim zadaniem jest przemieszczanie w pionie znajdujących się ponad nią obciążników (12). Pionowy ruch docisku wzdłuż pionowego ramienia osadzonego w zespole łożyskowym skutkuje zmianą odległości poziomego ramienia od płyty pomiarowej, umożliwiając dociskanie pierścienia.

W osi płyty pomiarowej osadzony jest wałek prowadzący (14). W dwóch promieniowych otworach wałka prowadzącego osadzone są obrotowo osie krzywek: odciążającej (6) i regulacyjnej (9). Ruch obrotowy krzywki



Rys. 5. Model 3D urządzenia (opis w tekście): a) pomiar, b) aplikacja pierścienia

Fig. 5. 3D model of the device (described in the text): a) measurement, b) application of the ring

odciążającej realizowany jest za pomocą dźwigni (7). Ruch obrotowy krzywki regulacyjnej realizowany jest za pomocą pokrętła (10) pokazanego na rys. 5. Na wałku prowadzącym osadzone są suwliwie dwa pięcioramienne krzyżaki: odciążający (5) i regulacyjny (8) o rozstawieniu kątowym ramion odpowiadającym rozmieszczeniu docisków w płycie pomiarowej. Pod wpływem siły ciężkości krzyżak odciążający styka się z powierzchnią krzywki odciążającej a krzyżak regulacyjny styka się z powierzchnią krzywki regulacyjnej. Ramiona krzyżaka odciążającego wyposażone są w popychacze (19). W pozycji pionowej rękojeści (7) – pozycja „blokada”. Krzywka odciążająca styka się z krzyżakiem odciążającym powierzchnią najbardziej oddaloną od jej osi obrotu. W pozycji tej krzyżak odciążający zostaje przemieszczony w skrajne górne położenie, któremu towarzyszy uniesienie względem płyty pomiarowej poziomych ramion docisków wspierających się na popychaczach. W górnym położeniu docisków możliwy jest ich swobodny obrót względem pionowego ramienia osadzonego w zespole łożyskowym (rys. 5).

Zmiana kąтового położenia ramienia poziomego pozwala na wygodne umieszczanie pomiędzy dociskami mierzonego pierścienia. W prawidłowym usytuowaniu pierścienia względem docisków pomagają wykonane w płycie pomiarowej obwodowe (15) i promieniowe (16) nacięcia. Nacięcia promieniowe pozwalają na ponowne ustawienie ramion poziomych docisków w położeniu gwarantującym poprawność prowadzonego pomiaru. Obrótowi rękojeści (7) do pozycji poziomej towarzyszy pionowy ruch docisków, wspartych na popychaczach, do momentu osiągnięcia kontaktu ramion poziomych z powierzchnią badanego pierścienia. W pozycji poziomej rękojeści (7) – pozycja „pomiar” krzywka odciążająca styka się z krzyżakiem odciążającym powierzchnią znacznie bliższą jej osi obrotu. W pozycji tej krzyżak odciążający zostaje przemieszczony w skrajne dolne położenie, w którym popychacze tracą kontakt z dociskiem. Badany pierścień dociskany jest w pięciu stałych punktach z zadaną siłą.

Wielkość siły dociskającej zależy od położenia kąтового krzywki regulacyjnej (9) połączonej z pokrętłem (10). Zmianie pozycji pokrętła (10) towarzyszy obrót krzywki regulacyjnej, a tym samym zmiana położenia pionowego krzyżaka regulacyjnego stykającego się z powierzchnią krzywki regulacyjnej. Końce ramion krzyżaka regulacyjnego zakończone są tulejami (11) posiadającymi czterostopniowe otwory osiowe. Wewnątrz tulei (11) umieszczone są po trzy obciążniki (12) o wymaganym procedurą pomiarową ciężarze. Ruch pionowy krzyżaka regulacyjnego w kierunku płyty pomiarowej powoduje unoszenie kolejno górnego, środkowego i dolnego obciążnika zmniejszając obciążenie od maksymalnego do minimalnego (rys. 4).

Minimalna siła docisku pierścienia wynika z ciężaru zespołu: docisk i nakrętka zabierająca. Pomiar płaskości dokonywana jest za pomocą czujnika przemieszczeń liniowych (21) (np. zegarowego), osadzonego w podstawie umieszczonej na płycie pomiarowej. Płyta pomiarowa wyposażona jest w cztery, umieszczone promieniowo rękojeści (17), służące do przenoszenia urządzenia zabezpieczonego trzema osłonami (18).

Podsumowanie

Opracowane urządzenie umożliwia prowadzenie pomiarów płaskości pierścieni tłokowych silników spalinowych z wykorzystaniem zautomatyzowanego wyboru jednej z czterech wielkości jednostkowego obciążenia wymaganego w procesie pomiaru. Powtarzalne wywieranie jednakowego obciążenia na powierzchni pomiarowej pierścienia przyczynia się poprawy powtarzalności i odtwarzalności prowadzonych pomiarów. Rozszerzony, w stosunku do wymagań normy, zakres obciążeń został dostosowany do bieżących potrzeb procesu kontroli produkcji. Urządzenie zostało wdrożone u jednego z krajowych producentów pierścieni tłokowych.

LITERATURA

- [1] Giesko T., J. Wasiak, A. Zbrowski. 2005. „Measurements of piston ring profile using contact technique”. *Problemy Eksploatacji* (2): 31–40.
- [2] Giesko T., A. Zbrowski. 2009. „Metoda i urządzenie do pomiaru profili pierścieni tłokowych”. *Pomiary Automatyka Kontrola* (5): 314–317.
- [3] ISO 6621-2: 2003. International combustion engine – piston rings. Inspections measuring principles
- [4] Jakubiec W., J. Malinowski. 1999. „Metrologia wielkości geometrycznych”. Warszawa: WNT.
- [5] Zbrowski A. 2012. „Pomiarowy docisk zwłaszcza pierścieni tłokowych”. Patent nr 210837.
- [6] Zbrowski A. 2012. „Głowica pomiarowa zwłaszcza do pomiaru profili pierścieni tłokowych”. Patent nr 211468.
- [7] Zbrowski A. 2012. „Sposób pomiaru pierścieni tłokowych oraz urządzenie do pomiaru profili pierścieni tłokowych”. Patent nr 211469.

Praca naukowa wykonana w ramach zamówienia z Centrum Obrabiarek i Urządzeń Specjalnych w Poznaniu

Dr inż. Andrzej Zbrowski – Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, 26-600 Radom, ul. Pułaskiego 6/10, e-mail: andrzej.zbrowski@itee.radom.pl,

dr inż. Tomasz Samborski – Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, 26-600 Radom, ul. Pułaskiego 6/10, e-mail: tomasz.samborski@itee.radom.pl