

# The importance of technological surfaces in everyday life and the possibilities of their measurement

## Praktyczne znaczenie powierzchni technologicznych w życiu codziennym w aspektach możliwości ich pomiaru

STANISŁAW ADAMCZAK  
JACEK ŚWIDERSKI  
TOMASZ DOBROWOLSKI\*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2023.12.23>

In the paper a practical examples of objects from everyday life were presented with different meanings of form deviations for their functioning, such as: roundness deviation, cylindricity deviation, and the surface texture. For some of them, form deviations and the state of the surface texture are only of aesthetic importance, for others they determine their proper and reliable functioning.

**KEYWORDS:** surface metrology, form deviation, surface texture

Przedstawiono praktyczne przykłady przedmiotów z życia codziennego o różnym dla ich funkcjonowania znaczeniu odchyłek kształtu, takich jak: odchyłka okrągłości i odchyłka walcowości, oraz struktury geometrycznej powierzchni. Dla niektórych z nich odchyłki kształtu oraz stan struktury geometrycznej powierzchni mają znaczenie wyłącznie estetyczne, w przypadku innych decydują o ich prawidłowym i niezawodnym funkcjonowaniu.

**SŁOWA KLUCZOWE:** metrologia powierzchni, odchyłki kształtu, struktura geometryczna powierzchni

### Wprowadzenie

Opublikowana przez Wydawnictwo Naukowe PWN książka „*Metrologia geometryczna powierzchni technologicznych. Zarysy kształtu, falistość, mikro- i nanochropowatość*” (Warszawa 2023) porusza teoretyczne i praktyczne zagadnienia dotyczące pomiarów i oceny powierzchni powstałej w wyniku zastosowania wybranej technologii wytwarzania do kształtowania elementów urządzeń technicznych – od obróbek bezubytkowych, takich jak odlewanie czy przeróbka plastyczna, po obróbki ubytkowe, takie jak obróbka skrawaniem czy elektroerozyjna. Na rys. 1 w sposób schematyczny przedstawiono znaczenie struktury geometrycznej powierzchni dla współpracy części maszyn [1].

Uzyskane w trakcie procesu wytwarzania powierzchni elementów są odwzorowaniem zastoso-

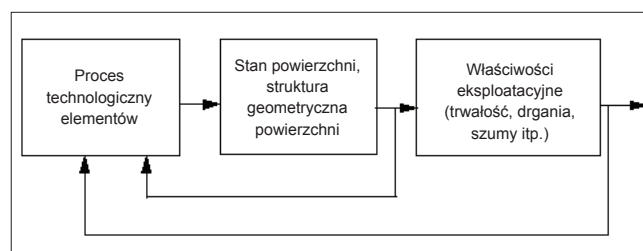


Fig. 1. The importance of surface texture of machine parts  
Rys. 1. Znaczenie struktury geometrycznej powierzchni części maszyn

wanej technologii i powinny spełniać wymagania związane z ich późniejszą eksploatacją. Dotyczy to powierzchni nie tylko różnego rodzaju części maszyn i urządzeń mechanicznych, ale również wyrobów mających zastosowanie w życiu codziennym.

Stan powierzchni technologicznych można opisać poprzez odchyłki kształtu, takie jak: prostoliniowość, płaskość, okrągłość, walcowość, profil linii, profil powierzchni, oraz elementy struktury geometrycznej, w której skład wchodzi: falistość i chropowatość. Składową chropowatości można podzielić na mikro- i nanochropowatość (rys. 2) [1].

Pomiary odchyłek kształtu i parametryczna ocena struktury geometrycznej powierzchni mają duże znaczenie przy sprawdzaniu zgodności wytwarzanych części maszyn ze specyfikacją w trakcie badań naukowych, a także w wielu obszarach funkcjonowania współczesnego człowieka. Do tych obszarów można zaliczyć: niektóre branże rzemieślnicze, np.: jubilerstwo czy zegarmistrzostwo, produkcję elementów i urządzeń gospodarstwa domowego, a także wytwarzanie części wymagających zdecydowanie większej dokładności wymiarowej i geometrycznej, np. elementów wszczepianych operacyjnie do organizmu człowieka (zastępujących funkcje narządu ruchu w postaci endoprotez), a także części składowych łożysk tocznych czy elementów silników spalinowych.

\* Prof. dr hab. inż. Stanisław Adamczak – [adamczak@tu.kielce.pl](mailto:adamczak@tu.kielce.pl), <https://orcid.org/0000-0002-7797-6330> – Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, Polska  
Dr inż. Jacek Świdorski – [swiderski@tu.kielce.pl](mailto:swiderski@tu.kielce.pl), <https://orcid.org/0009-0009-1234-0807> – Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, Polska  
Mgr inż. Tomasz Dobrowolski – [t.dobrowolski@tu.kielce.pl](mailto:t.dobrowolski@tu.kielce.pl), <https://orcid.org/0009-0008-6083-7319> – Wydział Mechatroniki i Budowy Maszyn, Politechnika Świętokrzyska, Kielce, Polska

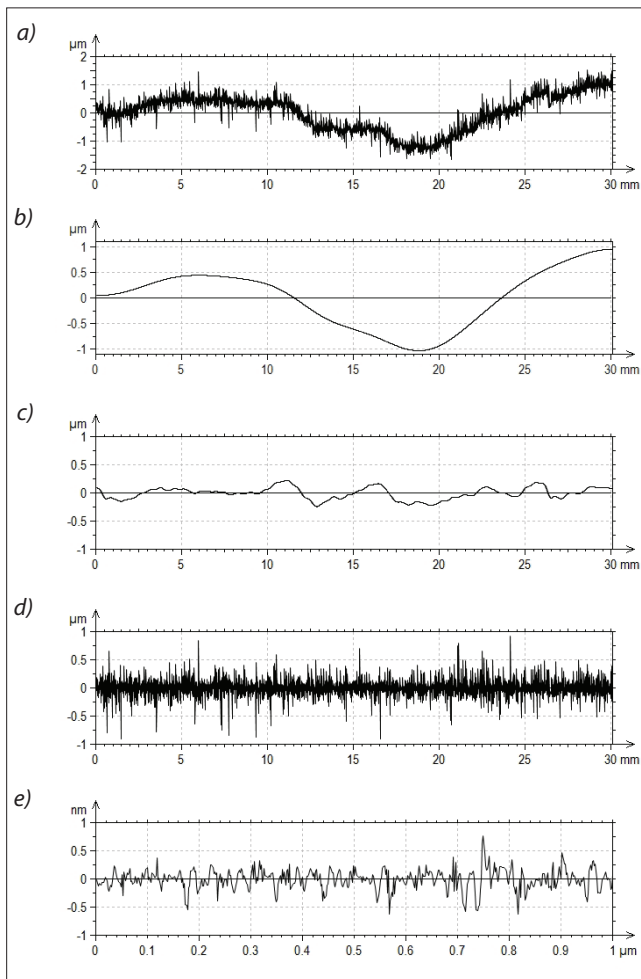


Fig. 2. Surface texture: a) primary profile, b) form profile, c) waviness profile, d) microroughness profile, e) nanoroughness profile

Rys. 2. Struktura geometryczna powierzchni: a) profil pierwotny, b) zarys kształtu – prostoliniowość, c) profil falistości powierzchni, d) profil mikrochropowatości powierzchni, e) profil nanochropowatości

### Isotnia powierzchni jako ważny element geometryczny i techniczny

W geometrii euklidesowej powierzchnia jest pojęciem pierwotnym. Słowo „powierzchnia” jest etymologicznie związane ze słowem „wierzch” jako element przedmiotu, ciała ludzkiego związanego z tym elementem lub oddzielającego go od przestrzeni zewnętrznej. Po połączeniu tego słowa z przedrostkiem „po-” uzyskuje się słowo „powierzchnia”.

Powierzchnia ma w życiu codziennym różną postać, np.: powierzchnia ziemi uformowana przez długotrwałe zjawiska przyrody lub powierzchnie uzyskane w wyniku obróbki technologicznej danego przedmiotu. Stąd termin „powierzchnia technologiczna”.

W „Słowniku języka polskiego PWN” [2] powierzchnia jest definiowana w następujący sposób:

- zewnętrzna, wierzchnia strona czegoś,
- obszar przestrzeni w ograniczonych rozmiarach,
- górna warstwa czegoś,
- w geometrii elementarnej (euklidesowej) pewne zbiory punktów lub prostych o określonych własnościach.

Każdy przedmiot materialny jest ograniczony powierzchnią, która cechuje się występującymi na niej nierównościami. Niektóre z nich są widoczne gołym

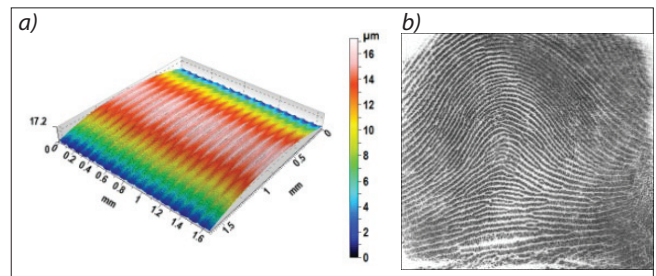


Fig. 3. (a) Isometric image of the surface after turning; (b) fingerprint used in dactyloscopy

Rys. 3. (a) Obraz izometryczny powierzchni po toczeniu; (b) odcisk linii papilarnych palca wykorzystywany w daktyloskopii

okiem, w przypadku innych konieczne jest zastosowanie przyrządu pomiarowego o odpowiedniej dokładności, aby stwierdzić ich obecność i dokonać parametrycznej oceny ilościowej. Topografia powierzchni przedmiotów wykonanych z wykorzystaniem różnych technik stanowi swego rodzaju trójwymiarowy odcisk „linii papilarnych” procesu technologicznego, co przedstawiono na rys. 3 dla obróbki skrawaniem – toczenia.

W pomiarach nierówności powierzchni duże znaczenie ma pojęcie „skali”. Ze skalą związana jest rozdzielczość próbkowania użytego przyrządu pomiarowego [3, 4]. Pojęcie skali dobrze obrazuje rys. 4, na którym zestawiono wyrobisko górnicze przedstawione za pomocą mapy hipsometrycznej [8] z obrazem izometrycznym powierzchni odlewu. Porównanie tych obrazów ukazuje pewne analogie między nimi. Topografia powierzchni skorupy ziemskiej może być kształtowana w sposób naturalny w długim okresie, np. w wyniku oddziaływania lodowca (topografia Pojezierza Mazurskiego, na którym można się dopatrzyć zbiorników wodnych – jezior – oraz wyżynnego charakteru moren czołowych i bocznych) lub świadomej działalności człowieka. Technologie zastosowane do kształtowania powierzchni elementów wytwarzanych przez człowieka w danym procesie mają służyć nadaniu im określonych cech funkcjonalnych lub estetycznych.

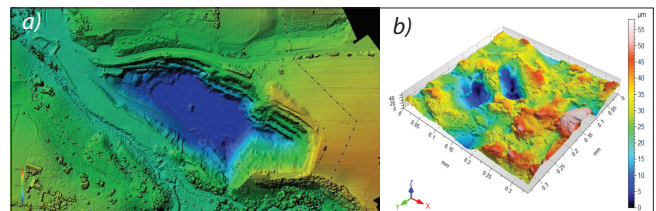


Fig. 4. Examples of surfaces at various scales: a) hypsometric map of the mining excavation [8], b) isometric image of the casting surface  
Rys. 4. Przykłady powierzchni w różnej skali: a) mapa hipsometryczna wyrobiska górniczego [8], b) obraz izometryczny powierzchni odlewu

### Powierzchnia technologiczna w wyrobach jubilerskich na przykładzie obrączki ślubnej

Jednym z podstawowych wyrobów sztuki jubilerskiej są obrączki ślubne. Mają one kształt pierścienia o powierzchni walcowej wewnętrznej oraz zewnętrznej lub posiadającej profil o określonym promieniu. Proces wytwarzania obrączki metodami rzemieślniczymi jest złożony – składa się z wielu zabiegów

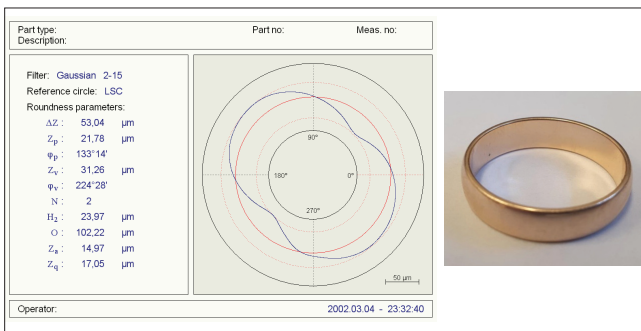


Fig. 5. Roundness profile of the inner surface of the wedding ring  
Rys. 5. Profil okrągłości wewnętrznej powierzchni obrączki ślubnej

i operacji, które obejmują: odlewanie, walcowanie, gięcie na trzpieniu o wymaganej średnicy wewnętrznej, tłoczenie, lutowanie i polerowanie. Największy wpływ na odchyłki okrągłości powierzchni wewnętrznej i zewnętrznej gotowego wyrobu mają zabiegi gięcia oraz formowania zarysu powierzchni zewnętrznej w procesie tłoczenia.

Formowanie powierzchni wewnętrznej, które odbywa się na specjalnym trzpieniu w ramach tzw. dziedziczności technologicznej, przenosi się na kształt powierzchni wewnętrznej obrączki, którego miarodajną oceną jest odchyłka okrągłości. Wynik pomiaru odchyłki okrągłości powierzchni wewnętrznej obrączki ślubnej używanej przez 45 lat przedstawiono na rys. 5.

Na podstawie otrzymanego wykresu w układzie biegunowym można jednoznacznie stwierdzić, że dominującą składową profilu okrągłości jest tzw.

owal. Zmierzona wartość odchyłki okrągłości wynosi  $\Delta z = 53,04 \mu\text{m}$ . Celem polerowania – ostatniego zabiegu w procesie wytwarzania obrączki – jest wyłącznie nadanie powierzchni zewnętrznej walorów estetycznych. Ze względu na to, że materiał obrączki – złoto – charakteryzuje się niską twardością, jej powierzchnia zewnętrzna w trakcie wieloletniego użytkowania uległa porysowaniu. Potwierdza to wynik pomiaru przeprowadzonego za pomocą profilometru stykowego. Profil chropowatości powierzchni zewnętrznej obrączki po analizie polegającej na usunięciu składowej nominalnego kształtu oraz składowej falistości przedstawiono na rys. 6.

### Powierzchnia technologiczna wyrobu zegarmistrzowskiego

Podstawową częścią zegarka naręcznego, w której znajduje się jego mechanizm, jest koperta. Pełni ona rolę ochronną oraz dekoracyjną. Funkcja ochronna polega na zabezpieczeniu mechanizmu przed czynnikami zewnętrznymi (kurzem, wilgocią, oddziaływaniami mechanicznymi). Oprócz tych funkcji kluczowy jest rodzaj, wielkość oraz materiał koperty. Materiały, z jakich wykonuje się koperty zegarków, powinny się charakteryzować właściwościami antyalergicznymi. Do najbardziej popularnych materiałów należą: stal szlachetna, tytan, mosiądz, złoto, srebro, spieki ceramiczne i włókno węglowe. Kształtowanie struktury geometrycznej spodniej części koperty zegarka jest uzależnione od jego typu: czy jest to zegarek naręczny czy kieszonkowy.

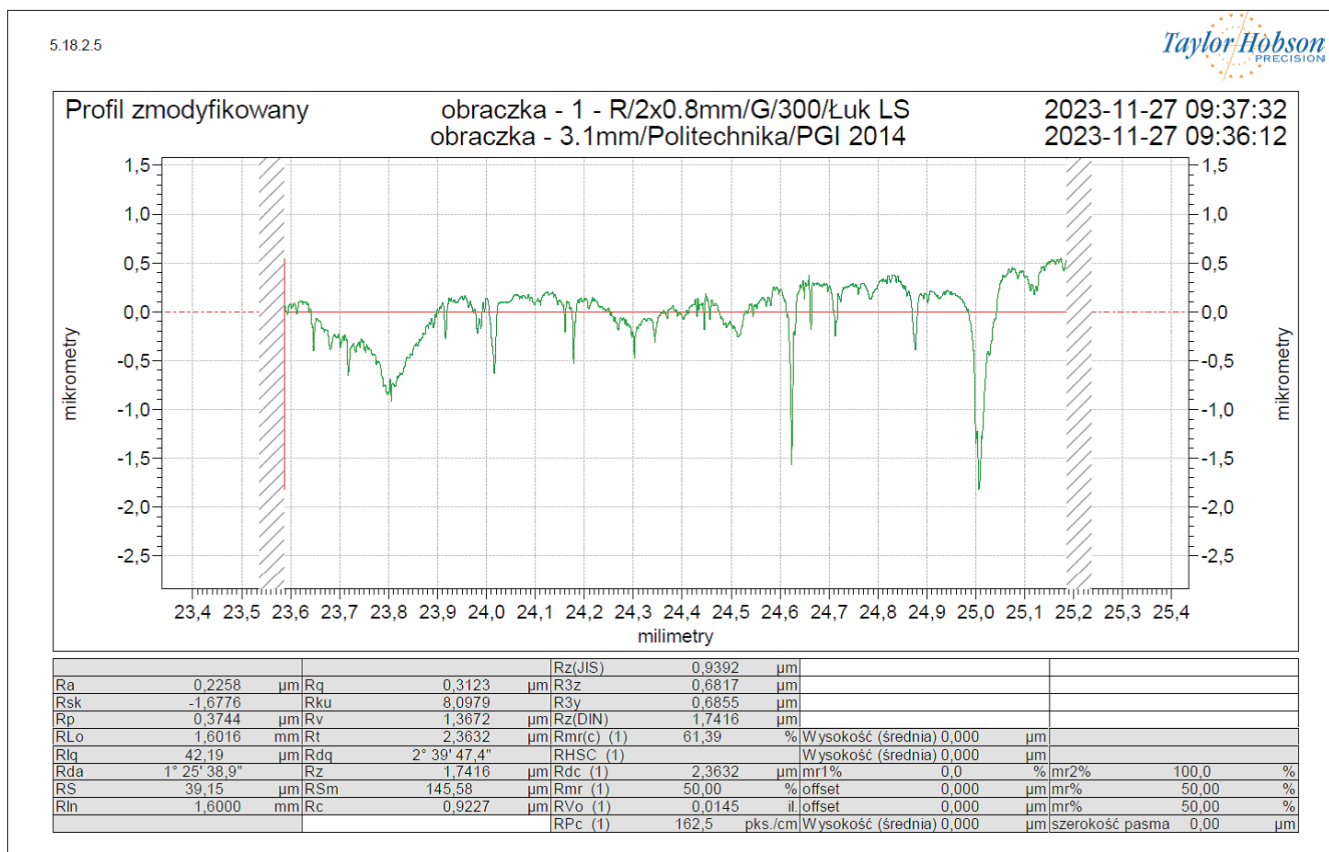
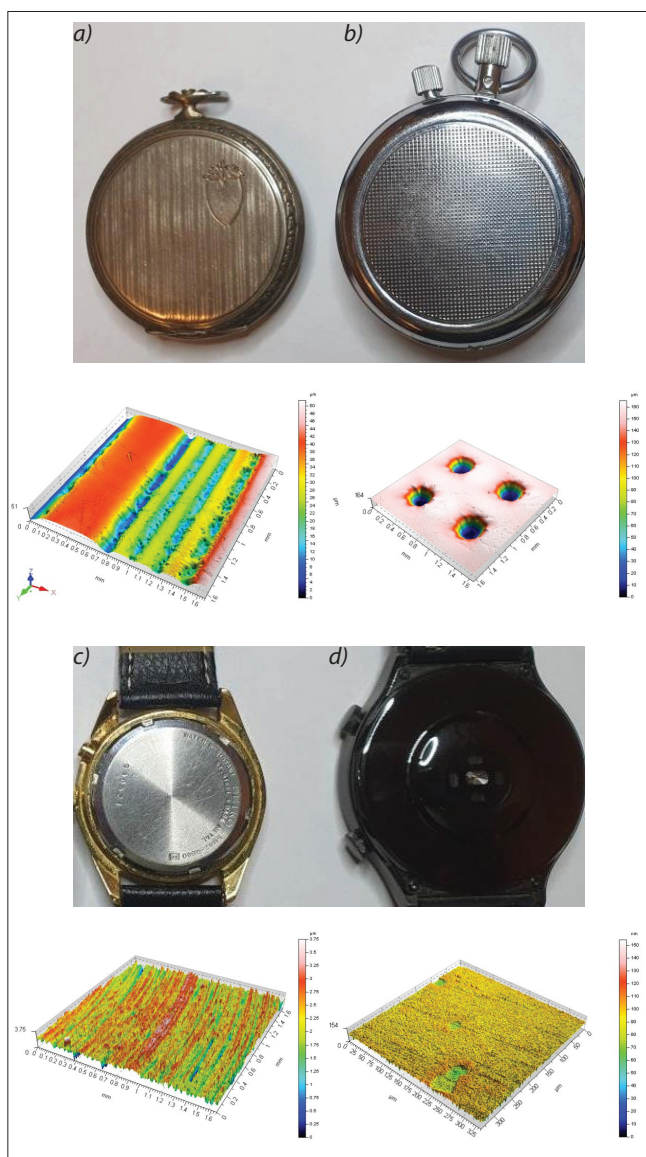


Fig. 6. Roughness profile of the outer surface of the wedding ring  
Rys. 6. Profil chropowatości zewnętrznej powierzchni obrączki





Rys. 7. Isometric images of the surface of the bottom of the watch case: a) pocket watch, b) mechanical stopwatch, c) mechanical wrist watch, d) smartwatch

Rys. 7. Obrazy izometryczne powierzchni spodniej części koperty czasomierzy: a) zegarka kieszonkowego, b) stopera mechanicznego, c) naręcznego zegarka mechanicznego, d) smartwatcha

Na rys. 7 przedstawiono obrazy izometryczne spodniej części koperty zegarka kieszonkowego z początków XX w., chromowanej powierzchni stopera mechanicznego, koperty klasycznego zegarka mechanicznego wykonanego ze stali nierdzewnej oraz smartwatcha. Przedstawione wyniki pokazują diametralnie różne struktury geometryczne powierzchni poszczególnych zegarków. Koperty zegarków naręcznych oprócz materiału zapewniającego właściwości antyalergiczne powinny się charakteryzować strukturą geometryczną powierzchni, która nie będzie powodowała podrażnień skóry nadgarstka.

### Przykłady powierzchni technologicznych w wyrobach gospodarstwa domowego

Powszechnie używanym w gospodarstwie domowym przyborem jest nóż kuchenny. Często występuje on w kompletach składających się z noży o odmiennej

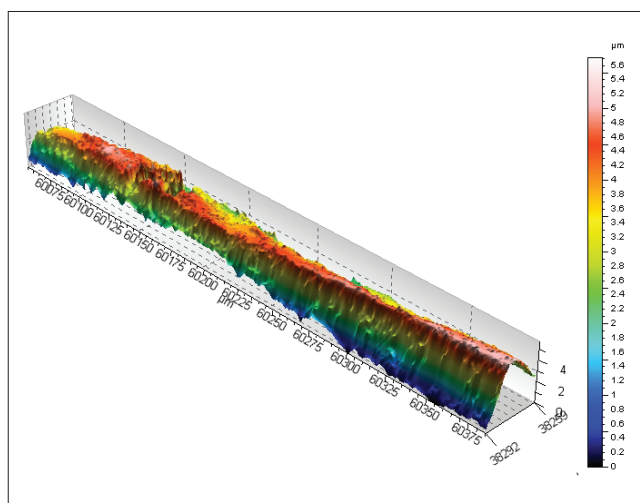


Fig. 8. Knife blade isometric image  
Rys. 8. Obraz izometryczny ostrza noża

geometrii ostrza oraz rękojeści, których przeznaczeniem jest obróbka produktów żywnościowych o różnej twardości. Ostrza gładkie, ząbkowane i żłobione są stosowane do krojenia innych typów produktów. Wbrew pozorom profesjonalne noże stanowią kosztowne wyposażenie kuchni, ponieważ na rynku są dostępne w cenie nawet kilku tysięcy złotych. Do ich produkcji wykorzystuje się całą gamę materiałów – od stali nierdzewnej i stali proszkowej do materiałów ceramicznych, takich jak dwutlenek cyrkonu czy węgiel cyrkonu.

Noże kuchenne mają zazwyczaj twardość  $52 \div 58$  HRC. Noże producentów japońskich osiągają twardość 68 HRC. O precyzyjnym i równym cięciu decyduje obróbka szlifowaniem ostrza, która jest jednym z etapów procesu produkcyjnego. Nieprofesjonalnie przeprowadzone szlifowanie ostrza noża w warunkach domowych prowadzi najczęściej do uszkodzenia ostrza, co pogarsza jakość cięcia, podczas którego trzeba użyć większej siły. Obraz topografii ostrza szlifowanego w warunkach domowych, opracowany na podstawie pomiaru z wykorzystaniem przyrządu optycznego do pomiarów struktury geometrycznej powierzchni, przedstawiono na rys. 8.

Innym przykładem wyrobu przeznaczonego do kuchni, wobec którego nie są stawiane tak wysokie wymagania dotyczące odchyłek kształtu, jest kubek ze stali nierdzewnej wytwarzany z arkusza blachy w procesie tłoczenia. Otrzymany wyrób na skutek niedoskonałości zastosowanej technologii charakteryzuje się wysoką wartością odchyłki walcowości  $CYL_t = 288 \mu\text{m}$ . Pomiar został wykonany z zastosowaniem strategii pomiarów odchyłki okrągłości w sześciu przekrojach prostopadłych do osi badanego elementu.

Na rys. 9 przedstawiono graficznie wyniki pomiarów odchyłki walcowości, wynik pomiaru wybranego profilu okrągłości oraz fotografię badanego elementu na przyrządzie ze stolikiem obrotowym. Odchyłka okrągłości w wybranym przekroju wynosi  $RON_t = 256 \mu\text{m}$ , a profil ma kształt owalu. Znaczące wartości odchyłek kształtu zmierzonego elementu w tym przypadku nie dyskwalifikują go, ponieważ nie wpływają na jego właściwości funkcjonalne.

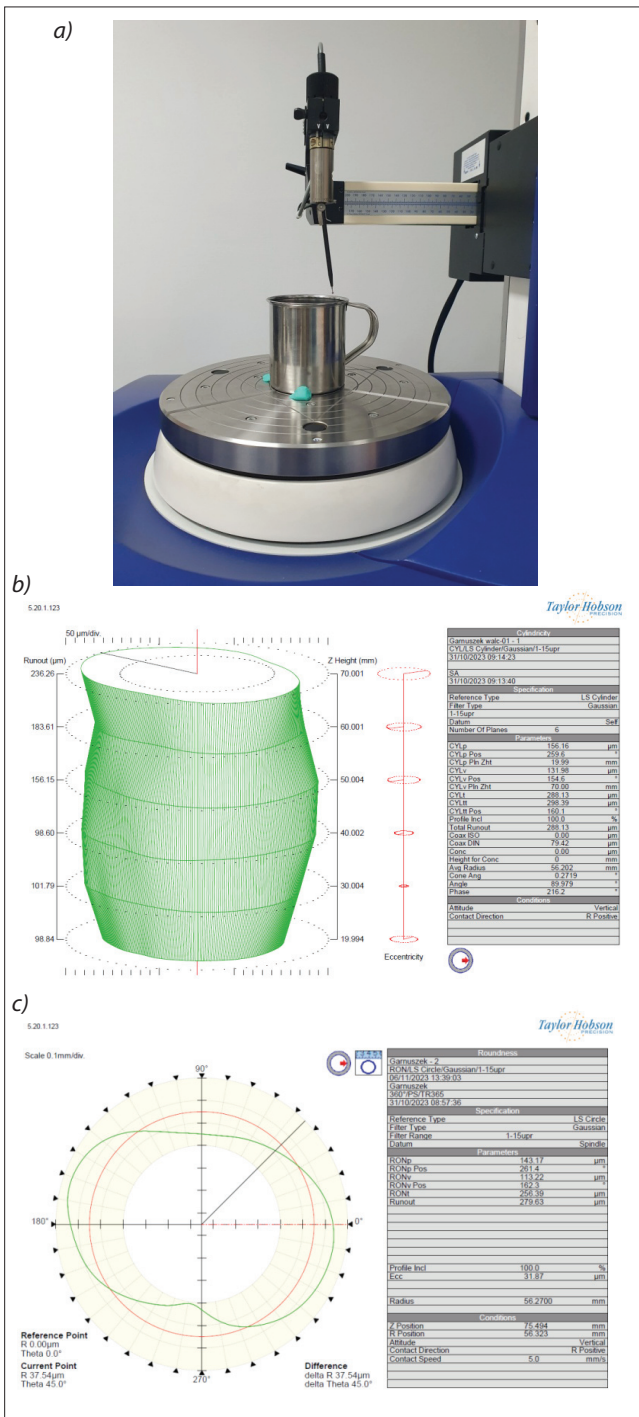


Fig. 9. Results of measurements of roundness and cylindricity deviations of a stainless steel cup: a) measurement principle, b) cylindricity profile, c) roundness profile

Rys. 9. Wyniki pomiarów odchyłki okrągłości i walcowości kubka ze stali nierdzewnej: a) zasada pomiaru wykorzystaniem przyrządu ze stołem obrotowym, b) zarys walcowości, c) zarys okrągłości

### Przykład powierzchni technologicznych w endoprotezie stawu biodrowego

Badania statystyczne przeprowadzone w 2014 r. wykazały, że endoprotezoplastyka stawu biodrowego i kolanowego to najczęściej przeprowadzane operacje ortopedyczne. Głównymi wskazaniami do wykonywania takich zabiegów są: wystąpienie choroby zwyrodnieniowej stawów, reumatoidalne, urazowe zapalenie stawów lub złamania. Operacja tego typu polega na usunięciu stawu biodrowego i umieszczeniu w jego

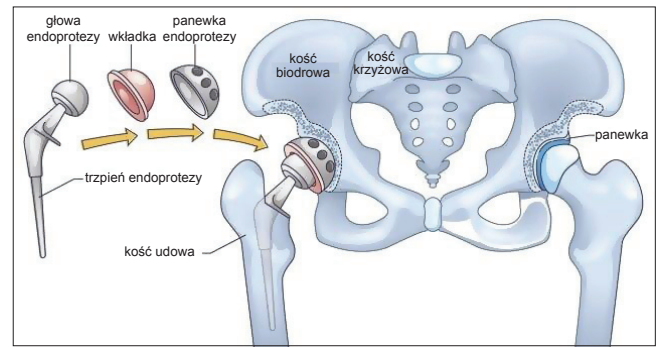


Fig. 10. Hip arthroplasty [7]

Rys. 10. Endoprotezoplastyka stawu biodrowego [7]

miejsce endoprotezy, której schemat przedstawiono na rys. 10 [7].

Endoproteza składa się z dwóch zespołów: trzpień z osadzoną na powierzchni stożkowej głową oraz panewki wyposażonej w specjalną wkładkę. Łatwo zauważyć, że szczególne wymagania pod względem wymiarowym tolerancji kształtu oraz struktury geometrycznej powierzchni dotyczą wykonania współpracujących elementów, którymi są głowa endoprotezy oraz wkładka panewki.

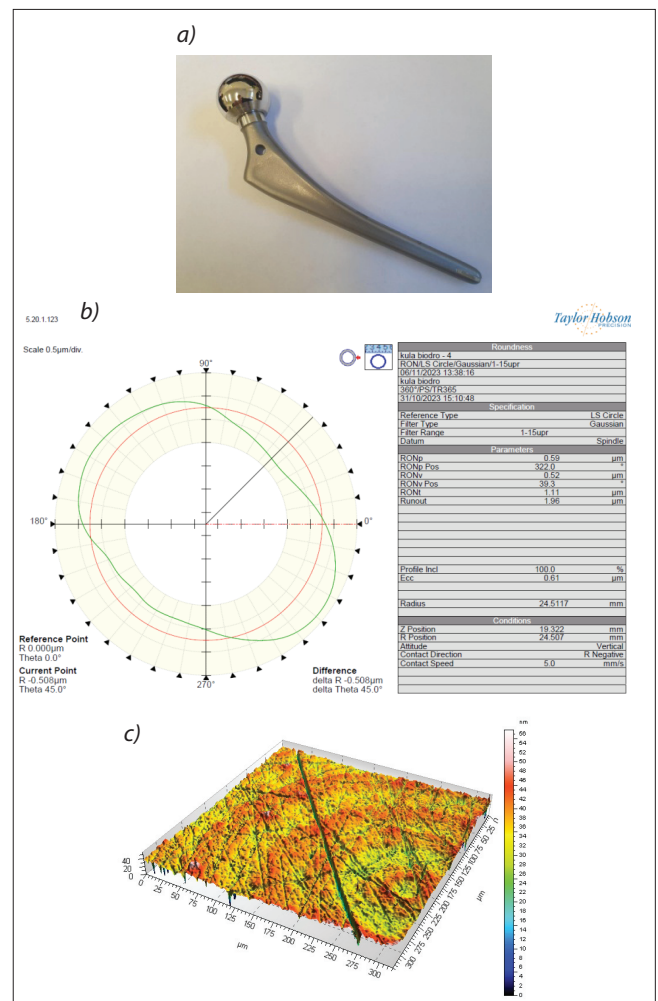


Fig. 11. Results of measurement of the head of the hip endoprosthesis: a) endoprosthesis assembly, b) measurement of the roundness deviation of the endoprosthesis head, c) isometric image of the endoprosthesis head surface

Rys. 11. Wyniki pomiaru głowy endoprotezy stawu biodrowego: a) zespół endoprotezy, b) pomiar odchyłki okrągłości głowy endoprotezy, c) obraz izometryczny powierzchni głowy endoprotezy



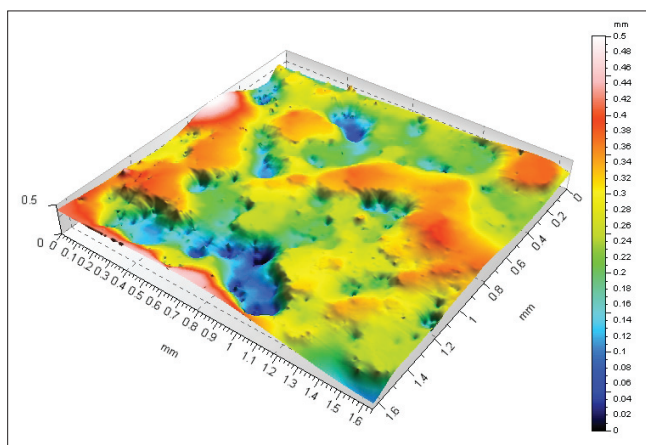


Fig. 12. Isometric image of the stem surface of a hip endoprosthesis  
Rys. 12. Obraz izometryczny powierzchni trzpienia endoprotezy stawu biodrowego

Jak wykazały pomiary przykładowej endoprotezy, jej głowa ma profil okrągłości w kształcie owalu, a odchyłka okrągłości wynosi  $RONt = 1,1 \mu\text{m}$  (rys. 11b). Wartość tego parametru świadczy o tym, jak duże wymagania są stawiane odnośnie do tolerancji kształtu tego elementu. Podobnie restrykcyjne wymagania dotyczą struktury geometrycznej powierzchni. Obraz izometryczny powierzchni głowy endoprotezy uzyskany za pomocą przyrządu optycznego po odfiltrowaniu nominalnego kształtu przedstawiono na rys. 11c. Wyznaczony parametr przestrzenny chropowatości powierzchni  $Sa = 3,1 \text{ nm}$  (średnie arytmetyczne odchylenie powierzchni od powierzchni średniej) świadczy o prawidłowo przeprowadzonej operacji polerowania głowy endoprotezy.

Małe wartości odchyłek kształtu oraz mała chropowatość powierzchni głowy endoprotezy są warunkiem koniecznym jej prawidłowej współpracy z wkładką panewki, co zapewnia jej długi czas funkcjonowania. Zostało to potwierdzone badaniami klinicznymi i oceną samych pacjentów poddanych operacji.

Inne wymagania dotyczą chropowatości powierzchni dla trzpienia endoprotezy (rys. 12), który jest wstawiany do kości udowej pacjenta. Aby zapewnić trwałość takiego połączenia, wymagana jest wielokrotnie większa chropowatość powierzchni.

Wyniki pomiarów zostały przedstawione na rys. 12. W tym przypadku parametr przestrzenny chropowatości powierzchni  $Sa = 69 \mu\text{m}$ . Rozwinięta powierzchnia o charakterze izotropowym będzie zapewniała niezawodne połączenie trzpienia endoprotezy z kością udową.

### Przykłady powierzchni technologicznych elementów stosowanych w urządzeniach powszechnego użytku

Jako przykład wybrano łożysko toczne (ważny element każdego zespołu urządzenia mechanicznego), którego zastosowanie minimalizuje opory tarcia współpracujących części maszyn wykonujących ruch obrotowy. Schematyczny rysunek łożyska kulkowego obrazujący odchyłki poszczególnych jego elementów przedstawiono na rys. 13. Łożyska toczne są

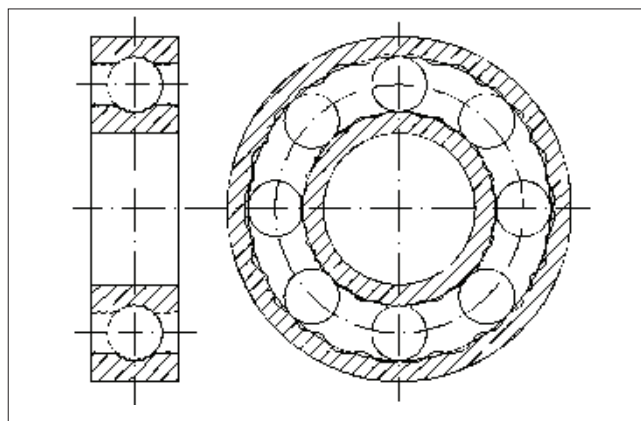


Fig. 13. Diagram of a rolling bearing showing the deviations of individual elements  
Rys. 13. Schemat łożyska tocznego obrazujący odchyłki poszczególnych elementów

powszechnie stosowane w urządzeniach gospodarstwa domowego (takich jak: pralki, sokowirówki, odkurzacze), a także w maszynach roboczych i pojazdach (samochodach, wagonach kolejowych, motocyklach) oraz w maszynach do mechanicznej obróbki części (frezarkach, tokarkach, szlifierkach i wiertarkach).

Jak pokazuje praktyka przemysłowa, występuje konieczność wytwarzania łożysk tocznych o wysokich wymaganiach odnośnie do dokładności obrotu, minimalizacji generowanych drgań i szumów, z zachowaniem odpowiednich luzów współpracujących elementów [5, 6]. Wymagania te można spełnić poprzez wytwarzanie części łożyska – pierścienia zewnętrznego i wewnętrznego oraz elementów tocznych – spełniających rygorystyczne wymagania specyfikacji oraz zapewnienie prawidłowego montażu łożysk w zespole. Szybkoobrotowe wrzeciono z zabudowanymi łożyskami kulkowymi przedstawiono na rys. 14.

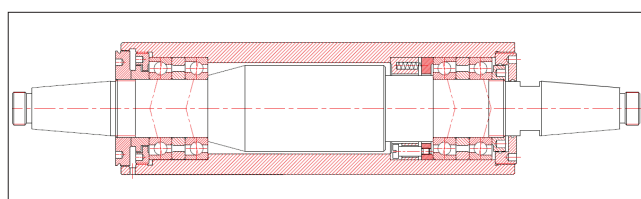


Fig. 14. Diagram of a high-speed spindle  
Rys. 14. Schemat szybkoobrotowego wrzeciona

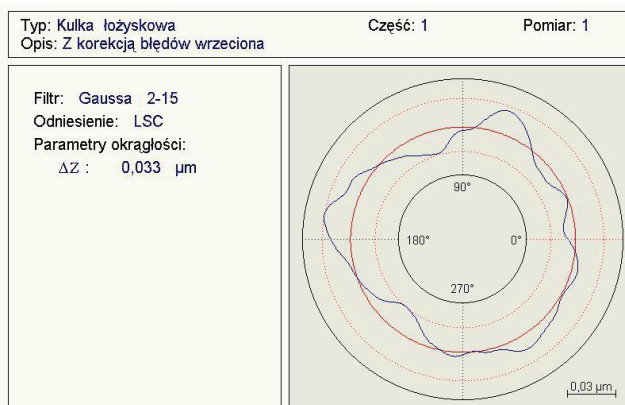


Fig. 15. Roundness deviation measurement result  
Rys. 15. Wynik pomiaru odchyłki okrągłości

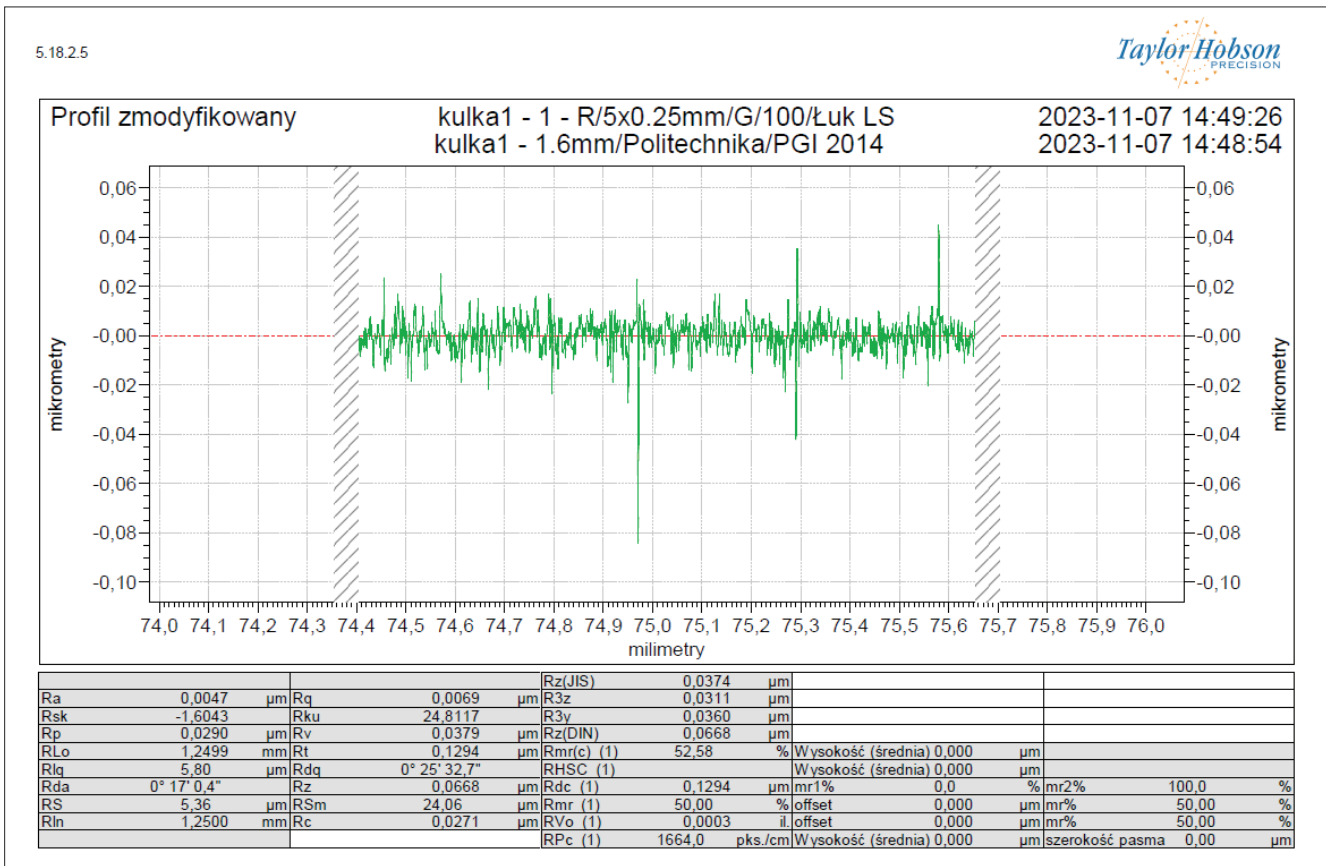


Fig. 16. Bearing ball roughness profile

Rys. 16. Profil chropowatości kulki łożyskowej

Szczególnym elementem każdego łożyska są kulki. Na potrzeby ich wykonania ustalane są duże wymagania dotyczące odchyłek kształtu, falistości i chropowatości powierzchni. Wyniki pomiarów kulki łożyskowej w zakresie odchyłki okrągłości przeprowadzonych na przyrządzie z czujnikiem obrotowym przedstawiono na rys. 15; natomiast wyniki pomiarów parametrów chropowatości przeprowadzonych na profilometrze stykowym – na rys. 16.

Otrzymane wartości odchyłki okrągłości  $\Delta Z = 0,023 \mu\text{m}$  (23 nm) oraz parametru chropowatości

powierzchni  $Ra = 0,0047 \mu\text{m}$  (4,7 nm), pozwalają na potwierdzenie zgodności mierzonego elementu ze specyfikacją.

Do interesujących przykładów kształtowania geometrii i struktury geometrycznej powierzchni można zaliczyć proces wytwarzania tłoków silników spalinowych mających zastosowanie m.in. w budowie samochodów. Tłoki w silniku spalinowym odgrywają zasadniczą rolę w zamianie energii spalania paliwa na ruch obrotowy wału korbowego układu napędowego pojazdu mechanicznego, np. samochodu. Na rys. 17

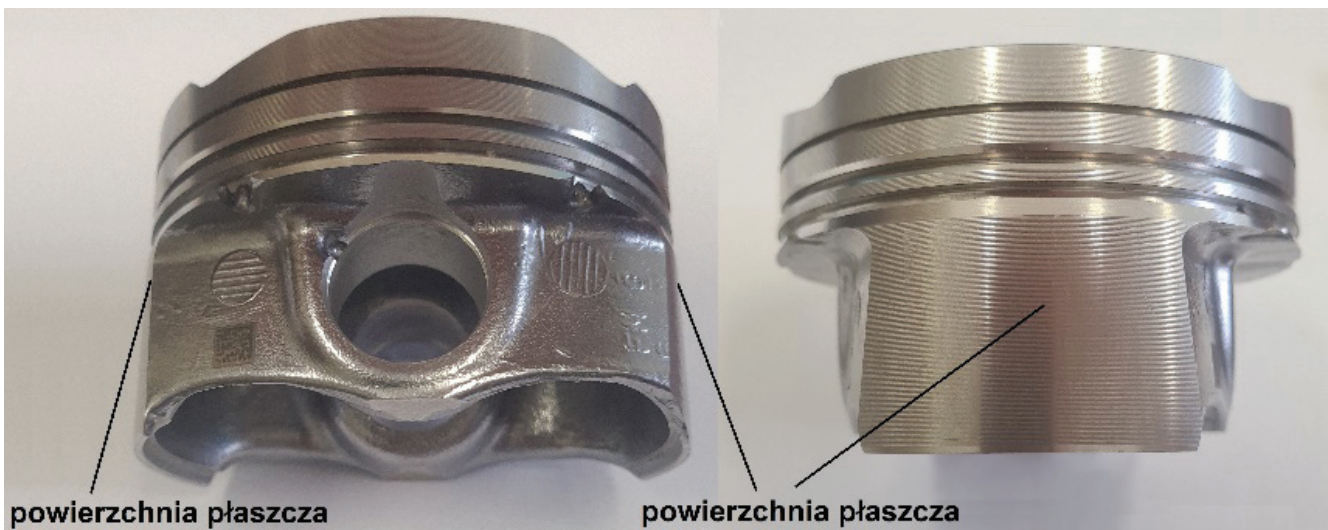


Fig. 17. Photograph of a piston in an internal combustion engine

Rys. 17. Fotografia tłoka silnika spalinowego

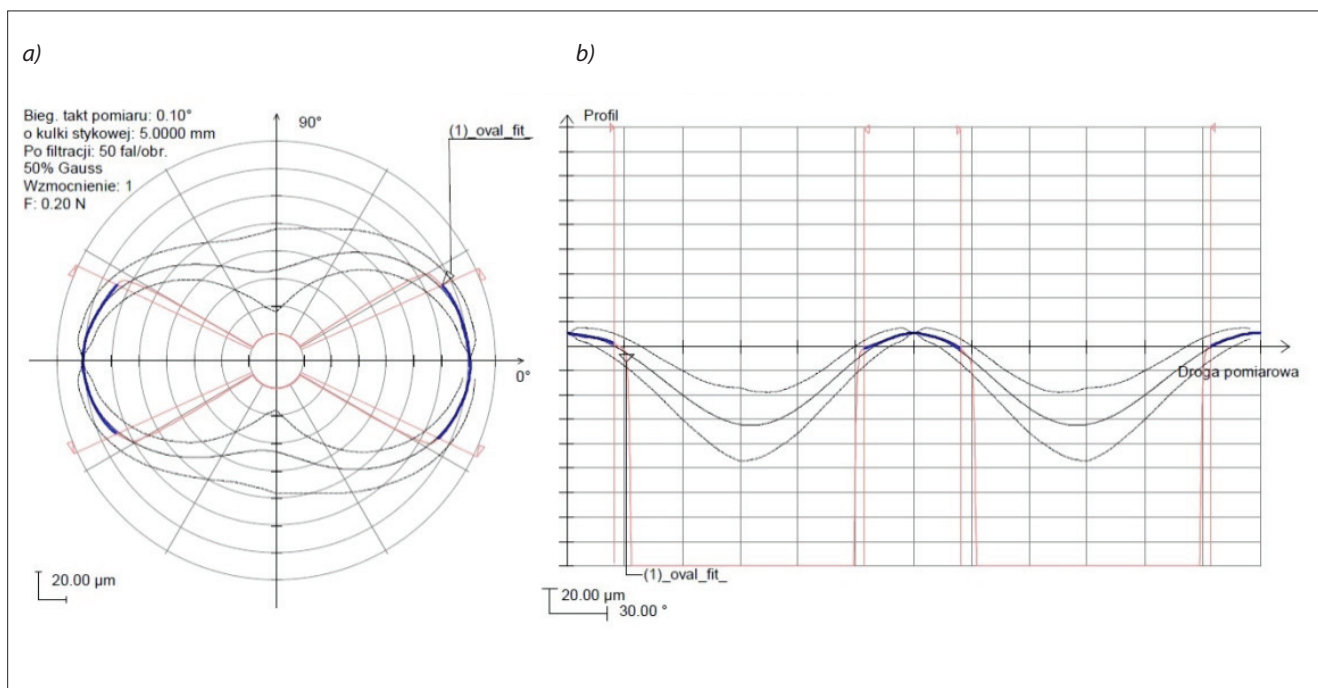


Fig. 18. Surface profile of the piston skirt of an internal combustion engine: a) in polar coordinates, b) in rectangular coordinates  
 Rys. 18. Profil powierzchni płaszczka tłoka silnika spalinowego: a) we współrzędnych biegunowych, b) we współrzędnych prostokątnych

przedstawiono fotografię tłoka silnika spalinowego z zaznaczonymi powierzchniami płaszczka.

Jak wynika z praktyki eksploatacji pojazdów, dokładne wykonanie tłoka, a przede wszystkim powierzchni współpracujących z cylindrem decyduje o spełnieniu warunków pracy silnika samochodowego i jego niezawodności. Na rys. 18 pokazano zarysy kształtu dwóch powierzchni płaszczka tłoka, z których wynika, że mają one inny charakter.

## Podsumowanie i wnioski

W artykule wykazano, że powierzchnie technologiczne, które są częścią każdego wytwarzanego przedmiotu, powstałe w wyniku jego formowania z wykorzystaniem odpowiedniej metody obróbki, mają duże znaczenie. Ich istota wynika z tego, że ukształtowane nierówności tworzące strukturę geometryczną powierzchni decydują o właściwościach funkcjonalnych wyrobu i mają wpływ na jego przydatność, trwałość oraz niezawodność. Przedstawiono tylko niektóre obszary działalności współczesnego człowieka wykorzystującego różnorodne technologie do produkcji wyrobów w takich dziedzinach, jak: jubilerstwo, zegarmistrzostwo, medycyna oraz budowa i eksploatacja maszyn i urządzeń mechanicznych. Nie omówiono innych ważnych obszarów, takich jak: technologia obróbki drewna, technologie przyrostowe (druk 3D) oraz inne obszary medycyny, w których stosuje się implanty (np. w stomatologii czy w kardiologii).

Z zaprezentowanego materiału wynika jednoznacznie, jak dużą rolę odgrywa metrologia geometryczna powierzchni technologicznych, której rozwój musi nadążać za rozwojem nowych metod i technologii wytwarzania. Jest to możliwe dzięki powstawaniu nowych metod pomiarów pozwalających na akwizycję ogromnej liczby danych dzięki współpracy przyrządów

pomiarowych z systemami komputerowymi wyposażonymi w oprogramowanie umożliwiające wyznaczenie parametrów służących do oceny struktury geometrycznej powierzchni w skali mikro i nano.

Przedstawione w artykule problemy uzasadniają z punktu widzenia życia codziennego przydatność wydanej przez wydawnictwo naukowe PWN książki „*Metrologia geometryczna powierzchni technologicznych. Zarysy kształtu, falistość, mikro- i nanochropowatość*”. autorstwa S. Adamczaka, której recenzja prof. Czesława Łukianowicza została przedstawiona w tym numerze czasopisma *Mechanik*.

## LITERATURA

- [1] Adamczak S. „*Metrologia geometryczna powierzchni technologicznych. Zarysy kształtu, falistość, mikro- i nanochropowatość*”. Warszawa: Wydawnictwo naukowe PWN (2023).
- [2] „*Słownik języka polskiego PWN*”. Red.: L. Drabik, A. Kubiak-Sokół, E. Sobol. Wyd. 3. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN (2021).
- [3] Wieczorowski M. „Digitalizacja powierzchni w aplikacjach mikro, mezo i makro”. *Mechanik*. 11 (2018): 944–949, <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.11.166>.
- [4] Bartkowiak T. „*Wybrane metody wieloskalowe w analizie nierówności powierzchni*”. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej (2021).
- [5] Wrzochal M., Adamczak S., Domagalski R., Piotrowicz G., Wnuk S. „A New Device Proposed for the Industrial Measurement of Rolling Bearing Friction Torque”. *Strojnicki vestnik – Journal of Mechanical Engineering*. 68, 10 (2022): 610–622, <https://doi.org/10.5545/sv-jme.2022.275>.
- [6] Adamczak S., Piotrowicz G. “System for the Assessment of the Dynamic State of Ball Bearings with Respect to Vibration They Generate”. *Advances in Science and Technology Research Journal*. 17, 4 (2023): 168–178, <https://doi.org/10.12913/22998624/169314>.
- [7] <https://www.mp.pl/pacjent/ortopedia/choroby-urazy> (dostęp: 27 listopada 2023).
- [8] <https://www.colidrone.pl> (dostęp: 27 listopada 2023). ■