

**Andrzej ZBROWSKI**

Instytut Technologii Eksploatacji – PIB, Radom

## **METODA PRZYGOTOWANIA POWIERZCHNI WAŁECZKÓW ŁOŻYSKOWYCH DO PROCESU AUTOMATYCZNEJ OPTYCZNEJ INSPEKCJI**

### **Słowa kluczowe**

Automatyczna optyczna inspekcja, AOI, łożyska toczne, wałeczki łożyskowe, elementy łożysk tocznych, szlifowanie, czyszczenie powierzchni.

### **Streszczenie**

W artykule przedstawiono metodę przygotowania zanieczyszczonej powierzchni czoł wałeczek łożyskowych do procesu automatycznej optycznej inspekcji (AOI). Opracowana metoda jest przydatna w procesie automatyzacji czyszczenia powierzchni przed procesem AOI. Metoda umożliwia bezstykowe, wydajne i niezawodne usuwanie zanieczyszczeń pochodzących z procesu technologicznego. Artykuł omawia założenia funkcjonalne oraz przemysłową implementację i weryfikację metody.

### **Wprowadzenie**

Optyczne metody inspekcyjne wymagają starannego przygotowania stanu kontrolowanej powierzchni do procesu akwizycji danych. Występowanie zanieczyszczeń utrudnia lub uniemożliwia realizację zadań inspekcyjnych. Istnieje możliwość błędnej interpretacji pozyskanych danych, w wyniku której obiekt uszkodzony może być sklasyfikowany jako dobry, lub odwrotnie obiekt dobry będzie uznany za uszkodzony. W praktyce o wiele częściej występuje sytuacja, w której pojawia się nadmierna liczba obiektów niesłusznie sklasyfikowanych jako niespełniających wymagań jakościowych.

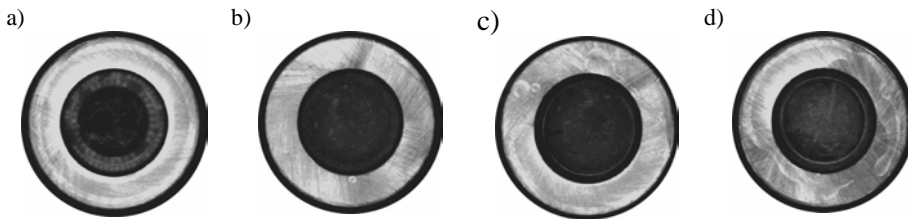
Podczas kontroli wzrokowej doświadczony pracownik ręcznie usuwa zanieczyszczenia w przypadku wątpliwości podjęcia określonej decyzji. Ludzka inteligencja pozwala intuicyjnie odróżnić zanieczyszczenia od wad, dlatego czyszczenie może być prowadzone przez pracownika zgrubnie lub wrywkowo, tylko dla szczególnych przypadków.

## 1. Przedstawienie problemu

W przypadku zastosowania metod maszynowego widzenia, w procesie AOI każde zanieczyszczenie o rozmiarach większych niż rozdzielczość systemu wizyjnego jest interpretowane jako wada. Wynika to zarówno z faktu ograniczonej inteligencji systemu, jak również ograniczonego, jedynie dwuwymiarowego układu obserwacji [1, 2].

Zanieczyszczenia ciekłe mogą zakłócać działanie systemu wizyjnego poprzez wprowadzanie niekontrolowanych refleksów świetlnych lub generowanie na powierzchni obiektu zjawisk optycznych, zniekształcających analizowaną geometrię.

W przypadku czół wałeczków łożyskowych zanieczyszczenia na kontrolowanej powierzchni pochodzą z procesu szlifowania (rys. 1). Głównie są to pozostałości technologicznego płynu chłodzącego, resztki cząstek stałych materiału szlifierskiego tarczy ścierniej oraz metalowe opiłki pochodzące z obrabianego detalu.



Rys. 1. Przykłady zanieczyszczeń na czole wałeczka łożyskowego: a) powierzchnia całkowicie zalana cieczą (widoczne refleksy i odbicia oświetlacza), b) pojedyncza kropla cieczy na powierzchni szlifowanej, c) krople i kałuże na powierzchni szlifowanej, d) kałuże na powierzchni szlifowanej oraz w „dołku”

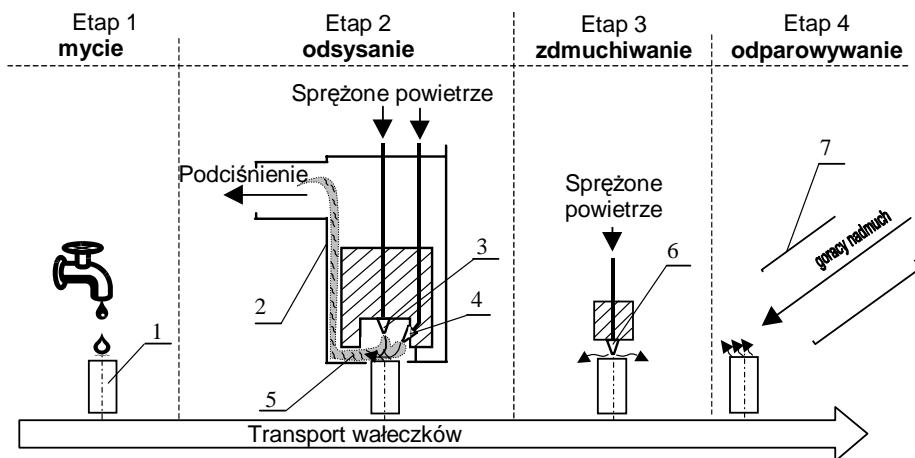
Zastosowanie AOI w kontroli jakości prowadzonej on line na linii technologicznej produkcji wałeczków łożyskowych stwarza wysokie wymagania dotyczące metody przygotowania powierzchni do procesu inspekcji [3, 4]. Krytycznym parametrem jest uzyskanie wymaganej wydajności. Jednocześnie metoda musi charakteryzować się łatwością w implementacji przemysłowej, umożliwiającą płynne wdrożenie bez konieczności rekonfiguracji istniejącego ciągu produkcyjnego.

## 2. Opis metody

Aby sprostać wymaganiom metod wizyjnych wałeczek przed procesem inspekcji musi zostać poddany zabiegowi oczyszczenia czoła z nagromadzonych zanieczyszczeń. Skuteczne oczyszczenie czoła wałeczka jest krytycznym czynnikiem wpływającym na poprawność procesu inspekcji.

Istotą opracowanego rozwiązania jest czyszczenie czół wałeczków łożyskowych w sposób automatyczny, bezstykowo z całkowitym wyeliminowaniem pracy ręcznej. Dzięki temu metoda spełnia wymagania stawiane w automatyzacji zabiegu czyszczenia powierzchni wałeczka łożyskowego przed wykonaniem optycznej inspekcji wyrobu.

Czyszczenie według opracowanej metody realizowane jest pneumatycznie oraz termicznie (rys. 2). Warunkiem poprawnej realizacji procesu jest dostarczanie wałeczków wilgotnych, pokrytych cienkim filmem chłodziwa.



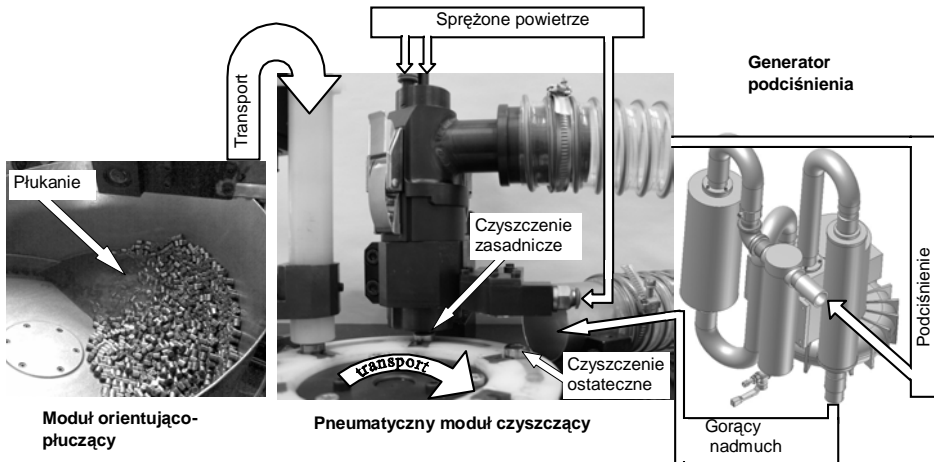
Rys. 2. Metoda oczyszczania czół wałeczków łożyskowych: 1 – wałeczek, 2 – głowica odsysająca, 3, 4, 6 – powietrzne dysze ciśnieniowe, 5 – odsysany aerosol z zanieczyszczeniami, 7 – nadmuch ciepłego powietrza

Proces czyszczenia czoła wałeczka jest realizowany na kilku etapach. W pierwszym kroku wałeczki są myte i zwilżane. Następnie w specjalnej głowicy pneumatycznej, za pomocą odpowiednio ukierunkowanych strumieni sprężonego powietrza, zanieczyszczenia są zdmuchiwane razem z cieczą pokrywającą czoło wałeczka, tworząc obłoki aerozolu. Wytworzony w ten sposób aerosol jest natychmiast w głowicy odsysany za pomocą podciśnienia. W następnym takcie pozostałe na czole wałeczka resztki zanieczyszczeń są zdmuchiwane za pomocą strumienia sprężonego powietrza. Strumień ciepłego powietrza umożliwia odparowanie resztek cieczy z czoła wałeczka oraz dodatkowo osusza strefę czyszczenia z wytworzonego aerozolu. Przechwycone ciężkie cząstki stałe zanie-

czyszczeń osadzają się w specjalnej komorze wewnątrz głowicy. Cząstki lekkie i aerozol są przechwytywane przez system filtrów przepływowych.

### 3. Realizacja zadania

W rozwiązaniu przemysłowym elementy systemu oczyszczania powstałego na bazie opracowanej metody tworzą cztery podstawowe moduły: moduł orientująco-płuczący, moduł transportujący, pneumatyczny moduł czyszczący oraz generator podciśnienia (rys. 3). System jest energooszczędny, ponieważ gorące powietrze wytwarzane na skutek sprężania po stronie tłoczącej generatora podciśnienia jest odzyskiwane i wykorzystywane jako gorący nadmuch w module czyszczącym.



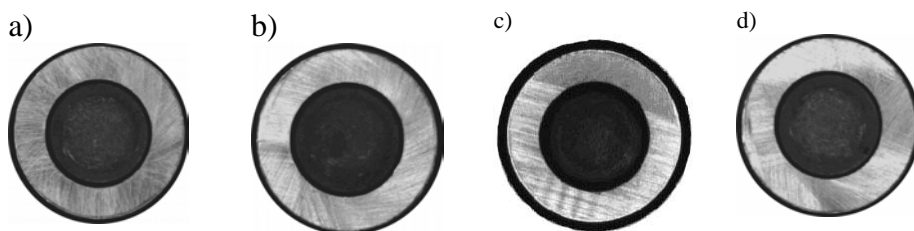
Rys. 3. Przemysłowe stanowisko do czyszczenia czoł wałeczków łożyskowych

Wałeczki są orientowane, płukane i nawilżane chłodziwem w bębnowym zasobniku gniazdowym [5, 6], przekazującym detale do podajnika rewolwerowego [7, 8]. Nad podajnikiem rewolwerowym znajduje się pneumatyczny moduł czyszczący. Wałeczki łożyskowe osadzone w gniazdach podajnika przemieszczane są pod modułem czyszczącym w celu realizacji kolejnych faz przygotowania powierzchni do automatycznej optycznej inspekcji. Czyszczenie zasadnicze realizowane jest przez głowicę pneumatyczną, natomiast czyszczenie ostateczne realizowane jest przez zespół dysz ze sprężonym i ciepłym powietrzem. Generator podciśnienia przeznaczony jest do wytwarzania podciśnienia niezbędnego do prawidłowej pracy modułu czyszczącego oraz do separowania zanieczyszczeń stałych i ciekłych z powietrza zasysanego przez głowicę pneumatyczną. Zaletą urządzenia jest wytwarzanie podciśnienia, niezbędnego do

odsysania zanieczyszczeń z jednoczesnym przechwytywaniem zanieczyszczeń stałych i ciekłych.

#### 4. Uzyskane rezultaty

Zastosowanie metody przygotowania powierzchni czół waleczków łożyskowych w procesie automatycznej optycznej inspekcji umożliwiło rejestrację obrazów pozbawionych zanieczyszczeń stałych i ciekłych (rys. 4). Na podstawie zarejestrowanych fotografii algorytmy analizy systemu AOI jednoznacznie klasyfikują 30 cech jakościowych badanego obiektu. Po oczyszczeniu na czole waleczka można (w różnych warunkach oświetlenia) prawidłowo wyeksponować wady procesu szlifowania, kuzienne, hartownicze, ubytki materiałowe i korozję.

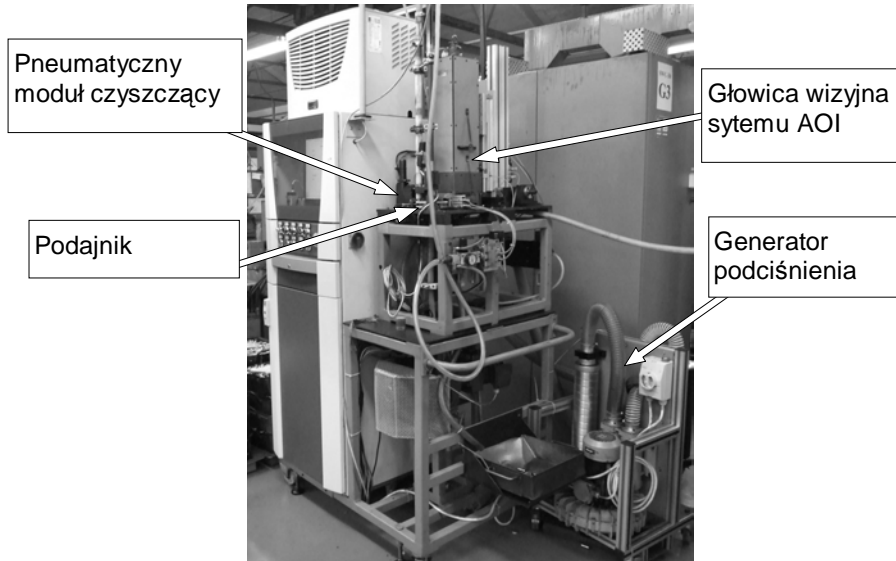


Rys. 4. Czoło waleczka po zabiegu oczyszczania: a), b) czoło bez wad, c) defekt szlifowania na czole, d) defekt szlifowania na obwodzie (dla celów porównawczych fotografie wykonano w tych samych warunkach oświetlenia)

Uzyskana efektywność oczyszczania gwarantuje prowadzenie procesu inspekcji z wydajnością 3–4 szt./s. Częstotliwość obsługi technicznej układu oczyszczania jest limitowana jakością chłodziwa i ilością zanieczyszczeń stałych. Dla zrealizowanej aplikacji bezobsługowy czas pracy głowicy pneumatycznej wynosi min. 8 godzin. Obsługa serwisowa wytwornicy podciśnienia powinna być prowadzona co 160 godzin (raz w tygodniu).

Istotną zaletą opracowanej metody jest brak jakichkolwiek stykowych elementów czyszczących. Dzięki temu trwałość eksploatacyjna i niezawodność modułu czyszczącego jest praktycznie nieograniczona. Przeprowadzona przemysłowa weryfikacja metody wykazała, że o trwałości układu przygotowania powierzchni decyduje jedynie trwałość łożysk wentylatora w generatorze podciśnienia.

Opracowana metoda została wdrożona w ramach systemu AOI w czołowym polskim zakładzie produkującym łożyska toczne (rys. 5).



Rys. 5. Stanowisko AOI z zainstalowanym układem oczyszczania czola wałeczka łożyskowego

Wdrożenie metody przyczyniło się do trzykrotnego wzrostu identyfikowalności wad występujących na czole wałeczka łożyskowego. Metoda umożliwia integrację układu oczyszczania z systemem wizyjnym i transportowym w ramach zwartego, kompaktowego, automatycznego stanowiska kontrolnego.

## Podsumowanie

Rozwiązanie problemów dotyczących procesu przygotowania kontrolowanej powierzchni zdecydowało o przemysłowej dojrzałości systemu automatycznej optycznej inspekcji czół wałeczków łożyskowych. Opracowana, oryginalna bezstykowa metoda oczyszczania gwarantuje realizację procesu kontroli z wymaganą wydajnością, dopasowaną do wydajności linii produkcyjnej. Zastosowanie metody w systemie AOI umożliwia zapewnienie zerowej liczby braków, obiektywizację procesu kontroli oraz redukcję kosztów wytwarzania.

Dzięki przechwytywaniu zanieczyszczeń oraz odzysku ciepła z wentylatora metoda jest ekologiczna i energooszczędna. Aerosol wraz z zanieczyszczeniami gromadzony jest w odstojnikach głowicy pneumatycznej i generatora podciśnienia w postaci kondensatu i szlamu szlifierskiego, które można przekazać do utylizacji.

Skala rozwiązanych problemów oraz ilość przeprowadzonych prób i badań dotyczących metody przygotowania powierzchni obejmują istotny obszar w procesie przemysłowego wdrożenia systemu AOI. Przeprowadzony proces

wdrożenia potwierdził wysoką skuteczność i niezawodność eksploatacyjną oczyszczania prowadzonego w surowym środowisku panującym na wydziałach szlifierskich elementów łożysk tocznych.

*Praca naukowa finansowana ze środków Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego, wykonana w ramach realizacji Programu Wieloletniego pn. „Doskonalenie systemów innowacyjności w produkcji i eksploatacji w latach 2004–2008”.*

### **Bibliografia**

1. Pernkopff F., O’Leary P.: Visual inspection of machined metallic high-precision surfaces. *Journal on Applied Signal Processing* 2007:7, pp. 667–678.
2. Demant C., Estreicher-Abel B., Waszkewitz P.: Industrial image processing. Visual quality control in manufacturing. Springer-Verlag 1999, pp. 265–272.
3. Zbrowski A., Giesko T.: Automatyzacja kontroli jakości wyrobów w linii technologicznej wytwarzania wałeczków łożysk tocznych. *Technologia i Automatyzacja Montażu* 2008 nr 2, s. 36–40.
4. Giesko T., Zbrowski A.: Modularyzacja systemów inspekcji optycznej do zastosowań w kontroli jakości. *Technologia i Automatyzacja Montażu*. Nr 2, 2006, s. 60–63.
5. Kowalski t., Lis G., Szenajch W.: *Technologia i automatyzacja montażu maszyn*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa 2000, s. 121–122.
6. Rabinowicz A. N: *Automatyzacja procesów technologicznych w budowie maszyn*. PWT, Warszawa 1957, s. 35–46.
7. Łunarski J., Szabajkowicz W.: *Automatyzacja procesów technologicznych montażu maszyn WNT*, Warszawa 1992.
8. Sandler B.: *Robotics. Designing the mechanisms for Automated Machinery*. Academic Press, San Diego 1999, pp. 227–274.

Recenzent:

**Jerzy CHOJNACKI**

### **The method of preparing the surface of a bearing roller for automatic optical inspection process.**

#### **Keywords**

Optical inspection, rolling bearing, bearing rollers, grinding, surface cleaning.

**Summary**

The article presents the method for preparing a contaminated surface of a bearing roller in automatic optical inspection process (AOI). The developed method is useful for the automation of surface cleaning before data acquisition. The method allows contactless, efficient, and reliable removal of dirt and impurities came from machining process. The article considers the functional assumptions and industrial implementation and verification of the method.