

EVALUATION OF ROLLING BEARINGS ELEMENTS SURFACE LAYER STATE CHANGES BY MEANS OF BARKHAUSEN NOISE /*

Summary

In this paper the possibilities of exploitation surface layer state changes observation by means of Barkhausen phenomenon was presented. Rollers from bearings NU309 were tested. During investigation the rollers worked under contact load until pitting. Periodically the magnetoelastic parameter MP was measured. The results of experiment show that work of bearings elements produces change of MP value of surface layer.

OCENA ZMIAN ZACHODZĄCYCH W WARSTWIE WIERZCHNIEJ ELEMENTÓW ŁOŻYSK TOCZNYCH Z WYKORZYSTANIEM SZUMÓW BARKHAUSENA /*

Streszczenie

W niniejszej pracy zaprezentowano możliwości obserwacji zmian zachodzących w eksploatacyjnej warstwie wierzchniej elementów łożysk tocznych podczas ich pracy, wykorzystując magnetyczny efekt Barkhausena. Badanym elementem był wałeczek pochodzący z łożyska NU309. W trakcie badań poddawano go cyklicznym naciskom kontaktowym, powodującym degradację jego warstwy wierzchniej. W trakcie eksperymentu dokonywano pomiarów parametru magnetosprężystego MP szumów Barkhausena, pochodzących z obszaru warstwy wierzchniej. Wyniki eksperymentu wykazały, iż w trakcie cyklicznego obciążania wałeczka następuje zmiana wartości rozpatrywanego parametru MP.

1. Wprowadzenie

Znaczącym zagadnieniem w projektowaniu elementów maszyn jest problem rozrzutu powierzchniowej trwałości zmęczeniowej łożysk tocznych. Rozrzut ten rozumiany jako stosunek najdłuższego do najkrótszego czasu pracy takich samych łożysk tocznych pracujących w podobnych warunkach eksploatacyjnych może dochodzić nawet do 40 [1]. Aby móc zidentyfikować przyczyny tak dużego rozrzutu powierzchniowej trwałości zmęczeniowej i przewidzieć czas pracy łożyska do osiągnięcia stanu granicznego, należy poznać zmiany zachodzące podczas pracy w warstwie wierzchniej jego elementów.

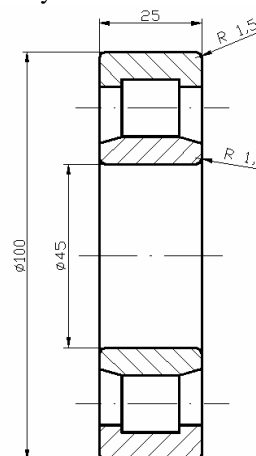
Dane, uzyskane w trakcie realizacji projektu badawczego [2] oraz przeprowadzone analizy statystyczne wykazały, iż istnieje silna korelacja między zmianą naprężeń własnych w warstwie wierzchniej elementów łożysk tocznych, pracujących w warunkach cyklicznie zmiennych obciążeń kontaktowych, i ich trwałością powierzchniową. Z drugiej zaś strony, na podstawie prac [3, 4] można wywnioskować, iż istnieje także związek między wartościami naprężeń własnych, a wartością parametru magnetosprężystego MP charakteryzującego szumy Barkhausena.

Powyższe stwierdzenia dają podstawę do wykorzystania zjawiska szumów Barkhausena jako narzędzia do obserwacji zmian zachodzących w warstwie wierzchniej elementów łożysk tocznych w trakcie ich pracy.

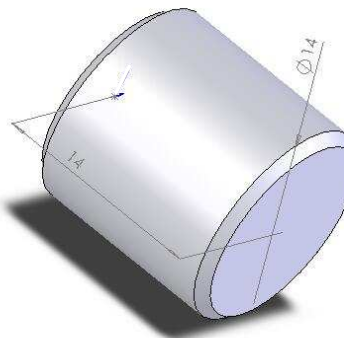
2. Obiekt badań

Do badania powierzchniowej trwałości zmęczeniowej oraz analizy warstwy wierzchniej przyjęto wałeczki z łożyska walcowego jednorzędowego NU309 (wg PN-86/M-86180). Wartość nośności statycznej dla tego łożyska wynosi $C = 99\ 000$ [N], a nośności dynamicznej $C_0 = 100\ 000$

[N]. Łożysko to przedstawiono na rys. 1, a sam wałeczek, zaprezentowano na rys. 2.



Rys. 1. Łożysko NU309
Fig. 1. Bearing NU309



Rys. 2. Wałeczek łożyska NU309
Fig. 2. Roller of bearing NU309

* Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 7T07B02715 dofinansowanego przez Komitet Badań Naukowych

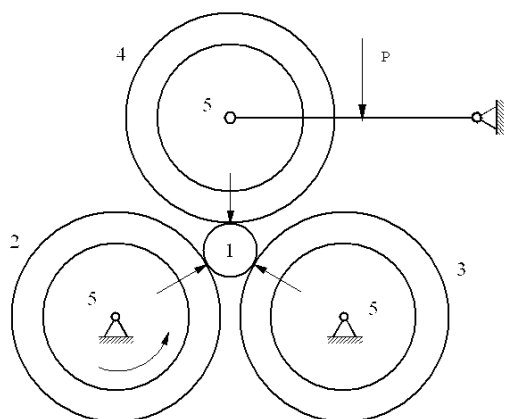
Tab. 1. Skład chemiczny stali łożyskowej ŁH15
 Table 1. Chemical analysis of bearing steel 52100

C	Cr	Si	Mn	Ni	S	P	Cu
[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
0,95±1,10	1,30±1,60	0,15±0,35	0,25±0,45	maks. 0,30	maks. 0,02	maks. 0,027	0,25

Elementy toczne łożysk NU309 wykonane są ze stali łożyskowej ŁH15, której skład chemiczny został przedstawiony w tab. 1.

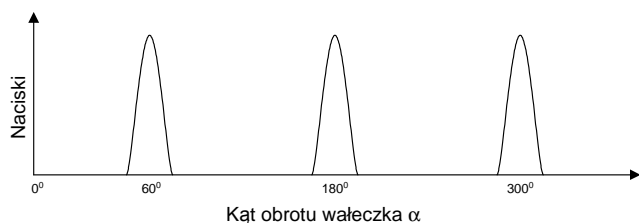
3. Stanowisko do badań powierzchniowej trwałości zmęczeniowej

Wykorzystywane stanowisko badawcze umożliwiło symulowanie obciążeń kontaktowych, występujących podczas pracy w warstwie wierzchniej elementów tocznych łożysk NU309. Zasada jego działania polega na tym, iż trzy pierścienie współpracują równocześnie z jednym elementem tocznym (wałeczką) łożyska walcowego (rys. 3).



Rys. 3. Schemat urządzenia do badania powierzchniowej trwałości zmęczeniowej: 1 – badany wałeczek, 2 – pierścień napędzający, 3 – pierścień stanowiący reakcję dla wałeczka i pozostałych pierścieni, 4 – pierścień obciążający, 5 – łożyskowanie [1]

Fig. 3. Diagram of rolling contact fatigue test stand: 1 – the tested roller, 2 – the driving ring, 3 – the reacting ring, 4 – the loading ring, 5 – bearings



Rys. 4. Wykres zmian nacisków na wybrany fragment wałeczka podczas jednego obrotu [1]

Fig. 4. Diagram of contact stress in bearing roller during one turn

Na tym stanowisku każdy fragment powierzchni tocznej wałeczka jest obciążony trzykrotnie podczas jednego jego obrotu. Naciski na wybrany fragment warstwy wierzchniej wałeczka podczas jednego obrotu przedstawiono na rys. 4.

Parametry pracy stanowiska badawczego (prędkość obrotowa, obciążenie) zostały tak dobrane, aby podczas eksperymentu uzyskać tarcie płynne.

4. Urządzenie do pomiaru parametru magnetosprężystego

Do pomiaru parametru magnetosprężystego wykorzystane zostało urządzenie Mikroscan 500 (μ SCAN 500), wyprodukowane przez firmę Stresstech By – American Stress Technologies Inc. (rys. 5). Do rejestracji wyników pomiarów użyto komputer klasy PC wyposażony w przetwornik wraz z zainstalowanym oprogramowaniem ViewScan. Oprogramowanie to umożliwiło dokładną rejestrację wyników pomiarów i ich wizualizację w formie wykresów.



a)



b)

Rys. 5. a) Urządzenie pomiarowe μ SCAN 500, b) sonda pomiarowa urządzenia μ SCAN 500

Fig. 5. a) Measuring device μ SCAN 500, b) sensor device μ SCAN 500

W celu obserwacji zmian stanu warstwy wierzchniej różnych miejsc na powierzchni roboczej wałeczka pomiary parametru magnetosprężystego MP dokonywane były na dwunastu tworzących badanego wałeczka. Przed rozpoczęciem badania wyznaczono błąd przyrządu pomiarowego, którego niemianowana wartość wyniosła 9,73.

5. Procedura badawcza

5.1. Selekcja wałeczków

Selekcja miała na celu wybranie do badań wałeczków pozbawionych wad, takich jak rysy, pęknięcia lub odkształcenia i nie noszących śladów korozji. Ponadto na tym etapie badań wałeczki poddawane były ocenie błędów kształtu w celu wyeliminowania wałeczków o zbyt dużej baryłkowatości lub stożkowości.

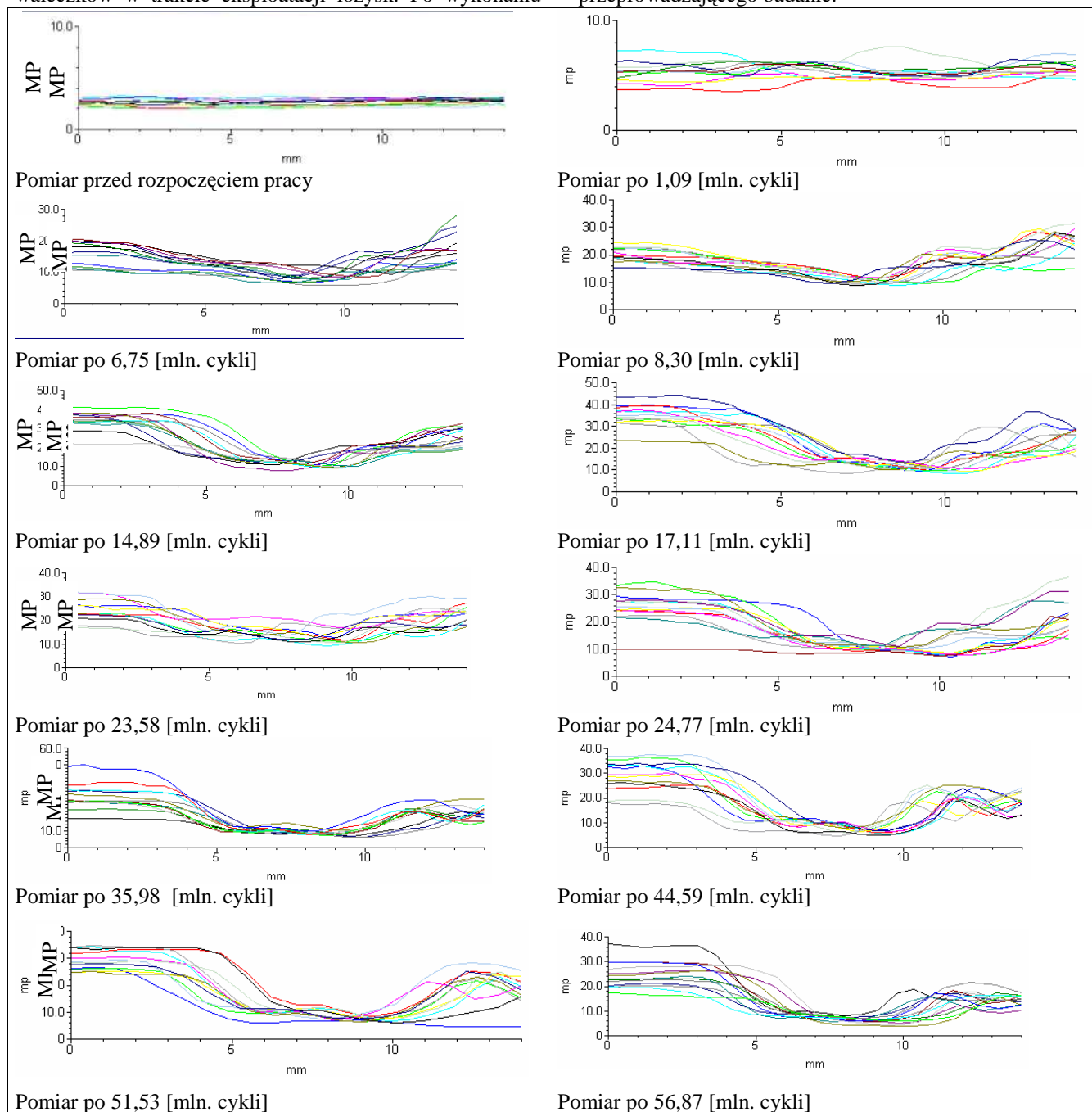
5.2. Pomiary chropowatości oraz parametru magneto-sprężystego szumów Barkhausena

Pomiary chropowatości oraz parametru magneto-sprężystego MP miały na celu uzyskanie informacji o stanie warstwy wierzchniej. Pierwszy pomiar umożliwił uzyskanie informacji o stanie warstwy wierzchniej ukonstytuowanej w procesie technologicznym (tzw. technologicznej warstwie wierzchniej). Kolejne pomiary umożliwiały obserwację zmian warstwy wierzchniej zachodzących w wyniku pracy wałeczka (tzw. eksploatacyjnej warstwy wierzchniej).

5.3. Badanie powierzchniowej trwałości zmęczeniowej

Badania te miały na celu symulację warunków pracy wałeczków w trakcie eksploatacji łożysk. Po wykonaniu

pomiarów chropowatości oraz parametru MP, wałeczki były kolejno umieszczane na stanowisku do badania powierzchniowej trwałości zmęczeniowej (rys. 3). Przez pierwsze 15 sekund stanowisko pracowało przy minimalnym obciążeniu, po czym było ono zwiększane do pożądanej wartości, wynoszącej około 22kN. Z powodu problemów technicznych występujących w trakcie trwania eksperymentu, rzeczywista siła obciążająca zmieniała się nieznacznie dla poszczególnych pomiarów, każdorazowo jednak była ona mierzona, a jej wartość notowana. Po wykonaniu określonej liczby obrotów następowało zatrzymanie maszyny, demontaż wałeczka i powrót do czynności przedstawionych w punkcie 5.2. Wartość liczby obrotów była zmienna w czasie trwania eksperymentu i dobierana w oparciu o wcześniejsze wyniki badań oraz doświadczenie przeprowadzającego badanie.



Rys. 6. Przykładowe wyniki pomiarów parametru magneto-sprężystego na 12 tworzących warstwy wierzchniej wałeczków łożyskowych dla różnej liczby cykli obciążeń

Fig. 6. Examples of measurement results of magnetic parameter on 12 pitch-surface generations of surface layer of bearing roller for different load cycles

5.4. Pomiary i praca wałeczka

Czynności przedstawione w punktach 5.2 i 5.3 były powtarzane, aż do chwili pojawienia się na powierzchni roboczej wałeczka łożyskowego wykruszenia zmęczeniowego. Następowo wtedy samoczynne wyłączenie stanowiska badawczego.

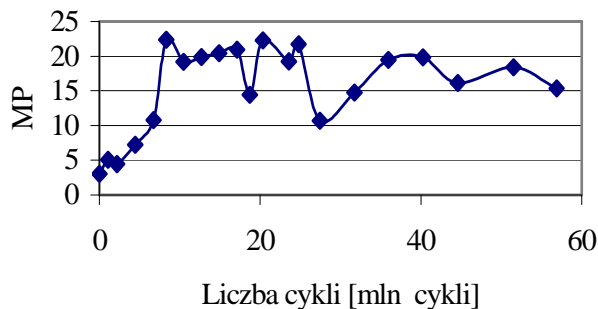
6. Wyniki badań i ich analiza

Przykładowe wyniki pomiarów parametru magnetoelastycznego MP, mierzonego na dwunastu tworzących wałeczka przedstawione zostały na rys. 6. Na rysunku tym na osi rzędnych przedstawiona została wartość parametru magnetoelastycznego (MP) na poszczególnych tworzących wałeczka, natomiast na osi odciętych - odległość od podstawy wałeczka w mm.

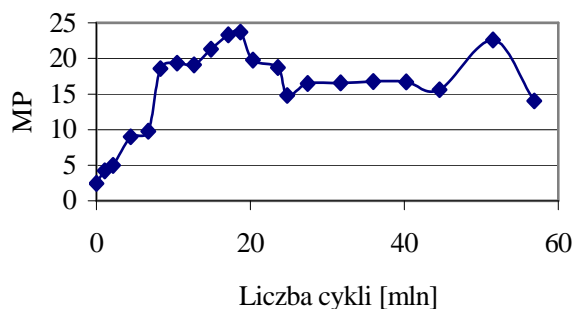
W celu poznania zmian zachodzących w warstwie wierzchniej w obszarze wystąpienia pittingu, na powierzchni tocznej wałeczka sporządzono wykres zmian parametru magnetoelastycznego w funkcji liczby cykli obciążenia wałeczka, w bezpośredniej okolicy wykruszenia zmęczeniowego (rys. 7).

Zmierzone również wartość parametru magnetoelastycznego na tworzącej sąsiadującej z tworzącą, na której wystąpił pitting w zależności od liczby cykli zmęczeniowych (rys. 8).

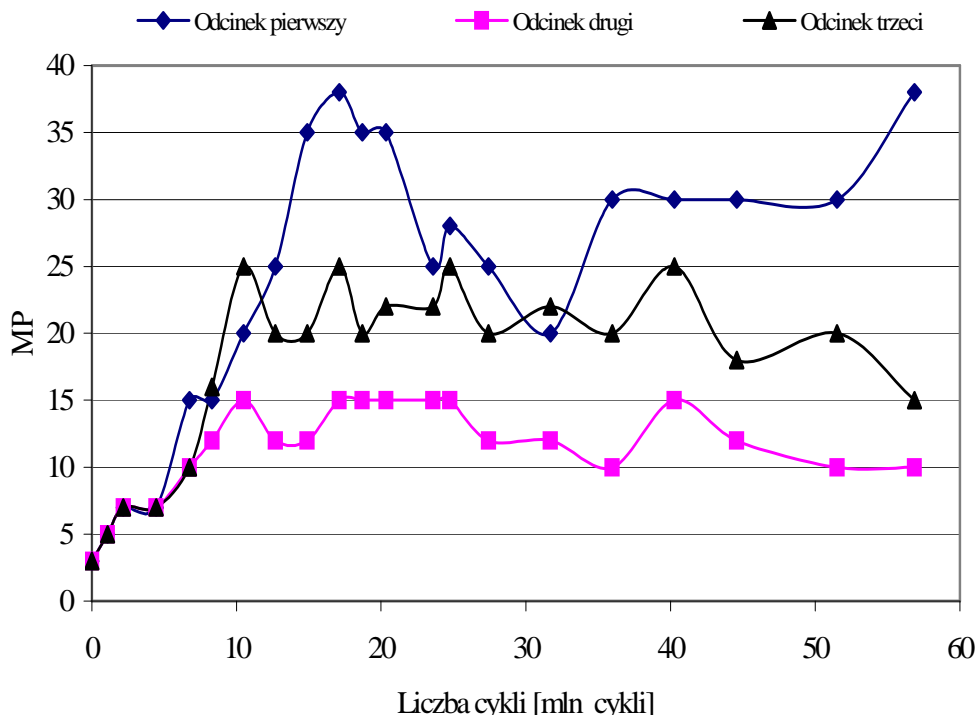
Po wykonaniu pomiarów parametru magnetoelastycznego zauważono, iż na tworzących badanych wałeczków wyodrębnić można trzy odcinki. Wykonany został dla nich wykres, który pozwolił na dokładniejszą analizę otrzymanych danych (rys. 9).



Rys. 7. Zmiana parametru magnetoelastycznego w pobliżu obszaru wystąpienia pittingu na powierzchni tocznej wałeczka w zależności od liczby cykli jego obciążenia
Fig. 7. Magnetoelastic parameter MP changes near pitting area vs. load cycles



Rys. 8. Zmiany parametru magnetoelastycznego zachodzące na tworzącej w pobliżu wykruszenia zmęczeniowego w zależności od liczby cykli obciążenia wałeczka.
Fig. 8. Magnetoelastic parameter MP changes on next pitch-surface generation vs. load cycles



Rys. 9. Zmiany średnich wartości parametru magnetoelastycznego zachodzące na poszczególnych odcinkach tworzącej w zależności od liczby cykli zmęczeniowych wałeczka.
Fig. 9. The changes of arithmetic mean of magnetic parameter on separate segment pitch-surface generation vs. load cycles

7. Podsumowanie

Na podstawie analizy wyników przeprowadzonych badań możliwe jest sformułowanie następujących wniosków:

- wraz ze zmianą stanu warstwy wierzchniej, wywołaną obciążeniami kontaktowymi, zmienia się wartość parametru magnetostryżystego szumów Barkhausena,
- wartość parametru magnetostryżystego szumów Barkhausena rośnie w stosunku do wartości zmierzonej przed poddaniem wałeczka zmiennym obciążeniom kontaktowym,
- wartość parametru magnetostryżystego szumów Barkhausena zmienia się z różną intensywnością w różnych fragmentach badanej warstwy wierzchniej elementów tocznych, pochodzących z łożyska NU309,
- najistotniejsze zmiany wartości parametru magnetostryżystego szumów Barkhausena zachodzą w pierwszym oraz trzecim odcinku tworzącej, natomiast najmniejsze zmiany odnotowano w środkowym odcinku tworzącej, tam też zauważa się najmniejszy rozrzut jego wartości,
- zjawisko szumów Barkhausena może być stosowane do obserwacji zmian zachodzących w warstwie wierzchniej elementów łożysk tocznych podczas ich pracy. Mając na uwadze wagę zjawisk, zachodzących w warstwie wierzchniej

elementów poddawanych cyklicznie zmiennym obciążeniom kontaktowym dla ich trwałości, celowe wydają się dalsze badania, zmierzające do praktycznego wykorzystania szumów Barkhausena w prognozowaniu trwałości tychże elementów.

8. Literatura

- [1] Błachnio J.: Ocena stanu warstwy wierzchniej łopatek wirnika sprężarki metodą szumów Barkhausena. Wydawnictwo Instytutu Wojsk Lotniczych, Warszawa, 1998.
- [2] Raport z realizacji badań w ramach projektu: KBN-7T07B02715 pt. „Analiza wpływu rozrzutu wartości parametrów warstwy wierzchniej na rozrzut trwałości zmęczeniowej elementów łożysk tocznych”, 2001.
- [3] Piech T.: Badania nieniszczące. Badania Magnetyczne. Wykorzystanie efektu Barkhausena. Wyd. Biuro Gamma, Warszawa, 1998.
- [4] Waligóra W.: Rozrzut powierzchniowej trwałości zmęczeniowej łożysk tocznych, Wyd. Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2002.