

Zbigniew H. ŻUREK

ZASTOSOWANIE METOD MAGNETYCZNYCH W BADANIACH ELEMENTÓW POJAZDÓW SZYNOWYCH

Streszczenie. W pracy opisano podstawy teoretyczne badań diagnostycznych z wykorzystaniem pola magnetycznego. Przedstawiono badania symulacyjne i eksperymentalne prowadzone wykonaną sondą pomiarową w Zakładzie Transportu Szynowego, Instytutu Transportu Politechniki Śląskiej. Podano przykłady wykrywania wad i nieciągłości materiałowych w elementach maszyn metodą magnetyczno - pomiarową. Seria badań przeprowadzona w zakładach naprawczych taboru kolejowego wykazała możliwość wdrożenia układu pomiarowego do systemu ciągłej kontroli zestawu kołowego podczas jazdy.

APPLICATION OF MAGNETIC METHODS IN INVESTIGATIONS OF RAIL - VEHICLE ELEMENTS

Summary. In the paper theoretical basis of investigations with the use of magnetic field method was described. The simulation and experimental investigations, made in Railway Engineering Department using measuring probe, was also presented. Series of tests carried out in Railway Rolling Stock - Repairs Plant proved that measuring system can be used in permanent control of railway wheel set during its movement.

1. WSTĘP

Transport kolejowy odgrywa we współczesnym świecie wielką rolę. Bardzo istotnym podzespołem każdej jednostki szynowej jest zestaw kołowy. Pomimo znakomitych osiągnięć przy konstruowaniu koła, obręczy, osi czy całego zestawu, jak i zastosowania nowych materiałów oraz profili kół pojawiają się w procesie eksploatacji w wyniku współpracy koła z szyną uszkodzenia zestawów kołowych, szczególnie w miejscach kontaktu kół z szynami, tj. powierzchni toczonej i obrzeży. Względy bezpieczeństwa i potrzeba przedłużenia okresu użytkowania kół i obręczy kolejowych nakazują więc badanie diagnostyczne tych elementów przed, jak również w czasie ich eksploatacji. Zakres badań i kryteria klasyfikacji obręczy kolejowych zostały opracowane przez ośrodki naukowo-techniczne w Polsce, a także przez Komitet ORE.

Podstawowe wymagania badań diagnostycznych obręczy – metodą ultradźwiękową, magnetyczną czy prądów wirowych – są następujące:

- kontrola powinna obejmować możliwie jak największą objętość materiału;
- echa od wad wzorcowych powinny być na tym samym poziomie, niezależnie od ich głębokości;
- badania powinny być prowadzone w dwóch kierunkach – osiowym i promieniowym;
- badania powinny wykrywać wady niedopuszczalne i „dopuszczalne”.

Dotychczas w Polsce najbardziej rozpowszechnioną metodą badań obręczy kół kolejowych jest metoda ultradźwiękowa. Rozwój czujników pomiaru pola magnetycznego i metod symulacyjnych pola magnetycznego na bazie znanych efektów magnetycznych [1, 2, 3, 4] ukierunkował badania teoretyczne i eksperymentalne do wykorzystania nowej metody magnetycznej w badaniach zestawów kołowych pojazdów szynowych, a także w badaniach obręczy kół kolejowych.

2. POLE MAGNETYCZNE W DIAGNOSTYCE MATERIAŁOWEJ

Metody ultrasonograficzne i rentgenograficzne mają podstawowe znaczenie w diagnostyce materiałowej wad i uszkodzeń podczas badań okresowych pojazdów szynowych. Istnieją jednak rozpoznane efekty magnetyczne i prawa związane z polem magnetycznym, dzięki którym możliwe jest uzupełnienie istniejących metod diagnostycznych o pomiary z wykorzystaniem pola magnetycznego. W prowadzeniu takich pomiarów potrzebne są przetworniki pomiarowe pola magnetycznego o wysokich czułościach. Nowe technologie i rozwiązania naukowe w mikroelektronice wprowadziły na rynek przetworniki magnetorezystancyjne umożliwiające pomiar w szerokim zakresie częstotliwości z czułością do pomiarów pola magnetycznego 0,001A/m. Szeroki wachlarz zalet, jakimi dysponują przetworniki magnetorezystancyjne, oraz ich dostępność skłoniły do przeprowadzenia serii badań z zakresu diagnostyki materiałowej i technicznej z zastosowaniem sondy pomiarowej wyposażonej w magnetorezystancyjny mostkowy przetwornik pomiarowy.

3. ZASTOSOWANIE SONDY POMIAROWEJ W BADANIACH MATERIAŁOWYCH

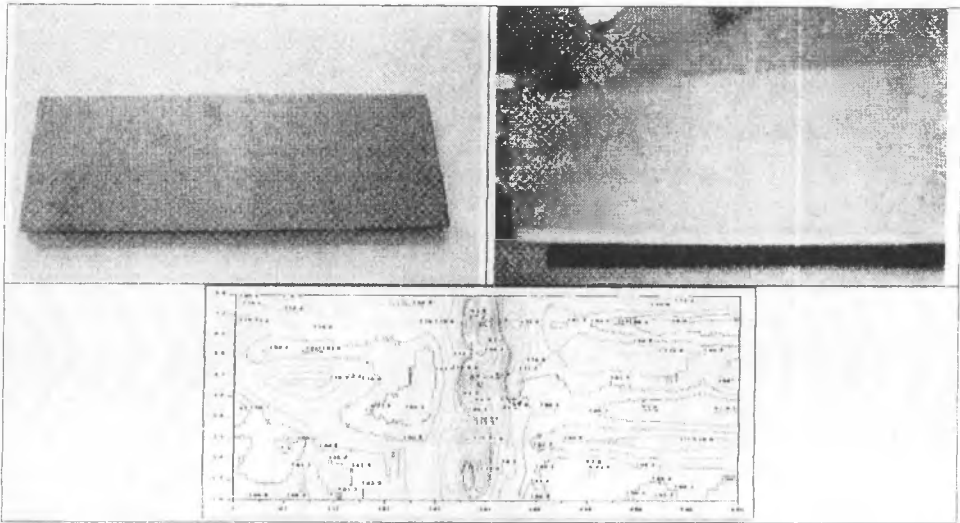
Przeprowadzona seria równoległych badań defektoskopowych sondą pomiarową [5, 6, 7] i metodą fluorescencyjno - proszkową wykazała dużą przydatność metody pomiaru pola magnetycznego, jak i sondy pomiarowej. W jednym z eksperymentów badaniom poddano próbkę płaską wykonaną ze stali St3, na której automatem spawalniczym naniesiono warstwę materiału wysokostopowego. Fotografie próbki, wynik badania metodą fluorescencyjno - proszkową oraz wynik badania sondą pomiarową zamieszczono na rysunku 1.

4. STANOWISKO POMIAROWE DO DIAGNOSTYKI OBRĘCZY ZESTAWÓW KOŁOWYCH

Zaprojektowaną sondę pomiarową zastosowano do badań obręczy zestawu kołowego. Schemat blokowy stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 2.

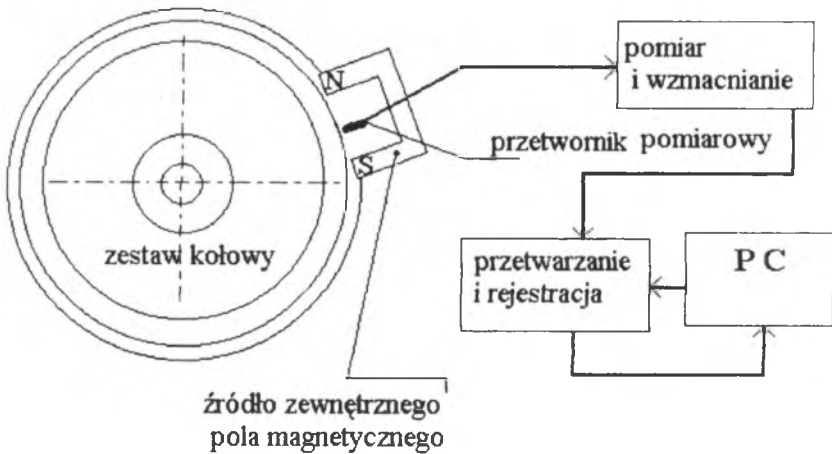
Zgodnie z zasadą pomiaru przedstawioną na rysunku 2 wykonano badania symulacyjne rozkładu linii sił pola magnetycznego w strefie pracy przetwornika pomiarowego jak na rysunku 3.

Dla przyjętych założeń budowy i pracy przetwornika pomiarowego przeprowadzono przybliżoną symulację rozkładu linii sił pola magnetycznego dla obręczy bez uszkodzenia i obręczy z uszkodzeniem. Wyniki symulacji przedstawiono na rysunku 4.

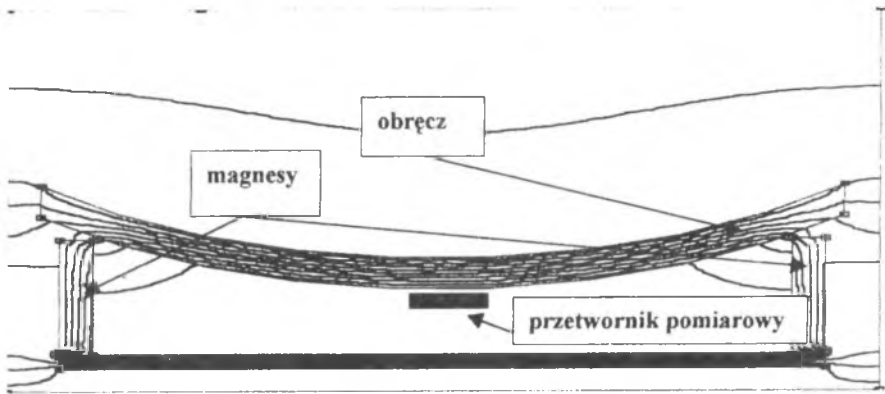


Rys. 1. Fotografika próbki przygotowanej do badań, fotografia próbki podczas badań metodą magnetyczno-fluorescencyjno-proszkową i mapa zmian natężenia pola magnetycznego wykonana zaproponowaną metodą pomiarową magnetorezystancyjną (w środkowej części mapy widoczne zmiany natężenia pola magnetycznego od warstwy napawanej)

Fig. 1. Photography of the sample before testing; photograph of the sample during the investigation of the use of magnetic-fluorescent-pulveraceous method; chart of magnetic field changes executed with proposed measurement method (in the middle of the map – apparent changes of magnetic field intensity by the side of padding)

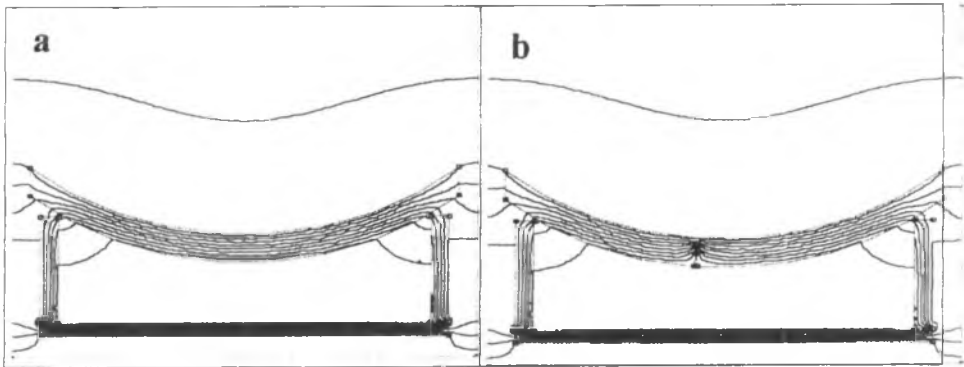


Rys. 2. Schemat stanowiska pomiarowego do badania zestawu kołowego
Fig. 2. Scheme of railway wheel set measurement position



Rys. 3. Rozkład linii sił pola magnetycznego w strefie czujnika pomiarowego przylegającego do obręczy zestawu kolejowego

Fig. 3. Distribution of magnetic field lines in zone of measuring sensor adherent to rolling surface of the wheel band

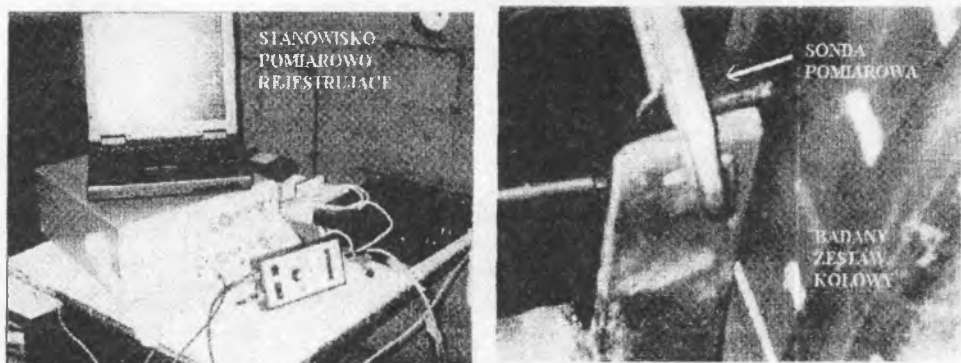


Rys. 4. Rozkład linii sił pola magnetycznego oraz rozkład składowej normalnej natężenia pola w obrębie pracy czujnika dla obręczy dobrej – a i z uszkodzeniem – b

Fig. 4. Distribution of magnetic field lines and normal component of magnetic field intensity in domain sphere of sensor work for: a) undamaged band; b) damaged band

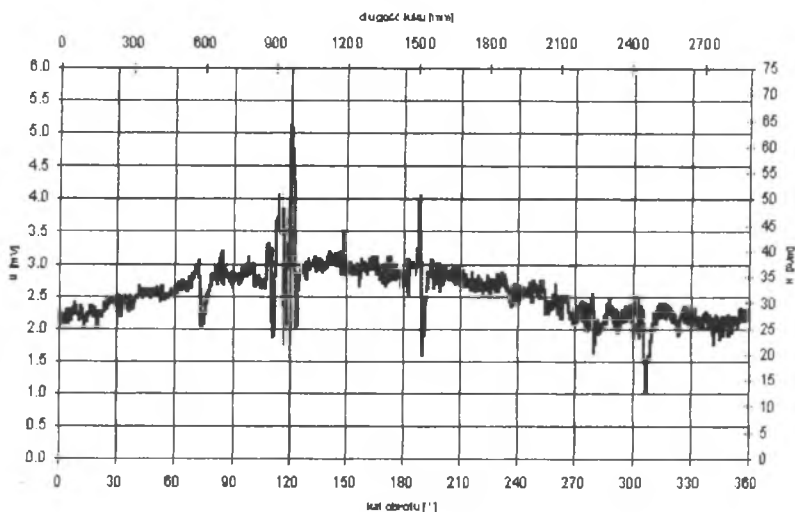
5. BADANIA EKSPERYMENTALNE

Testowanie sondy defektoskopowej skonstruowanej w Zakładzie Transportu Szynowego Politechniki Śląskiej [8, 9, 10] przeprowadzono w Zakładach Naprawczych Taboru Kolejowego. Badano obręcze zestawów kołowych pojazdów szynowych. Stanowisko pomiarowe z oprzyrządowaniem i sondą pomiarową przedstawiono na zdjęciach zamieszczonych na rysunku 5.



Rys. 5. Badanie zestawów kołowych w Zakładach Naprawczych Taboru Kolejowego
 Fig. 5. Railway wheel sets investigation in Plant of Rolling Stock Repairs

Jeden z zarejestrowanych pomiarów zmian natężenia pola magnetycznego na powierzchni obręczy badanego zestawu kołowego przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Wykryte zmiany natężenia pola magnetycznego na obwodzie obręczy badanego zestawu kołowego
 Fig. 6. Detected changes of magnetic field intensity on the circuit of wheel set's band

Zamieszczone na rysunku 6 zarejestrowane zmiany natężenia pola magnetycznego na powierzchni obręczy zestawu kołowego wykazują strefy występowania dużych zmian natężenia pola magnetycznego znacznie przekraczające wartości średnie. Po odrzewieniu wykrytego miejsca zauważono połyskujące ślady. Ślady te zidentyfikowano jako pozostałość po płaskim miejscu, które zostało usunięte przetoczeniem zestawu. Siła uderzeń przez pewien

okres czasu spowodowała trwałe zmiany w strukturze wycinka obręczy. Zmian tych nie wykryto metodą ultradźwiękową.

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania potwierdzają zasadność szerszego rozpropagowania diagnostyki obręczy kół kolejowych z wykorzystaniem pola magnetycznego. Za pomocą pola magnetycznego można wykrywać naprężenia wewnętrzne oraz defekty i wady materiału. Omówione metody badań obręczy mogą znacznie poprawić bezpieczeństwo ruchu pojazdów szynowych. Zaproponowana metoda badań magnetycznych pozwala:

- uzupełnić badania zestawów kołowych pojazdów szynowych podczas przeglądów okresowych,
- prowadzić monitoring zestawu kołowego podczas jazdy pociągu w sposób ciągły i automatyczny,
- rejestrować wyniki,
- informować maszynistę pociągu o możliwości awarii,
- zgromadzić informacje dla służb naprawczych.

Zaproponowany system nie jest związany z wysokimi nakładami. Może być stosowany dla zapewnienia bezpieczeństwa przy dużych prędkościach jazdy, jak i przy transporcie materiałów niebezpiecznych.

Literatura

1. Bozorth R., M.: *Ferromagnetism*, The Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE Magnetics Society, Sponsor, Inc., New York 1993.
2. Etienne du Trémolet de Lacheisserie, *Theory and Applications of Magnetoelasticity*, CRC PRESS - Boca Raton, Ann Arbor, Boston, London 1992.
3. Grieger J.: *Magneto-resistive sensoren- moderne fuhler zur Außenwelt*, Elektronik Industrie 5-1999, pp.28-31.
4. Kim Tae-Jong, Hwang Sang-Moon, Park No-Gill: *Analysis of vibration for permanent magnet motors considering mechanical and magnetic coupling effects*, IEEE Transactions On Magnetics, Vol. 36, No. 4, July 2000, pp.1346-1350.
5. Sitarz M., Żurek Z.H.: *Diagnostyka obręczy zestawów kołowych z wykorzystaniem pola magnetycznego*. ZN Transport 2000 Nr 40, Politechnika Śląska Instytut Transportu.
6. Sitarz M., Żurek Z.H.: *Przetworniki magneto-rezystancyjne w defektoskopii magnetycznej*, Politechnika Śląska, Nowe technologie i materiały w metalurgii i inżynierii materiałowej, IX Seminarium Naukowe. Katowice 2001.
7. Żurek Z.H.: *Sonda defektoskopu magnetycznego*, Zgłoszenie patentowe P 344 955 Politechnika Śląska Gliwice 2000.
8. Żurek Z.H.: *Pole magnetyczne jako narzędzie do diagnozowania ciągłości strukturalnej w materiałach magnetycznych. Diagnostyka wylamań zęba koła przekładni zębatej*, Politechnika Śląska, XXVI Ogólnopolskie Sympozjum Diagnostyka Maszyn, Węgierska Górka 1999, str. 211-216.
9. Żurek Z.H.: *Badania naprężeń w wirujących elementach maszyn poprzez pomiar pola magnetycznego*, Politechnika Śląska, XVII Ogólnopolska konferencja PREKŁADNIE ZĘBATE, Węgierska Górka 2000, str.205-211.
10. Żurek Z.H.: *Badania własne niepublikowane*, Politechnika Śląska Gliwice 2000.

Recenzent: Prof. dr hab. Józef Rasek

Abstract

The method of tyre wheel sets investigation presented in the article should be apply in practice for the purpose of improvement of railway traffic safety. Methods of magnetic investigation may complete ultrasonic methods. Paper presents results of investigations carried out by the measuring device that proved their usability.

Pracę wykonano w ramach BW 429/RM10/2001