

Burkhard ZIEGLER*, **Krzysztof WIERZCHOLSKI****,
Andrzej MISZCZAK***

A NEW MEASUREMENT METHOD OF FRICTION FORCES REGARDING SLIDE JOURNAL BEARINGS BY ACOUSTIC EMISSION

NOWE POMIARY SIŁ TARCIA W ŁOŻYSKACH ŚLIZGOWYCH PRZEPROWADZONE METODĄ EMISJI AKUSTYCZNEJ

Słowa kluczowe:

pomiary, emisja akustyczna, siła tarcia, poprzeczne łożysko ślizgowe

Key words:

measurements, acoustic emission, friction forces, slide journal bearing

Summary

The present paper describes the new results of measurements performed at University of Applied Sciences Giessen between 2008 and 2009. A

* University of Applied Sciences Gießen-Friedberg (Germany); e-mail: Burkhard.Ziegler@mmew.fh-Giessen.de

** Institute of Mechatronics, Nanotechnology and Vacuum Technique, Technical University Koszalin, 75-620 Koszalin, ul. Raławicka 15-17, Poland; e-mail: krzysztof.wierzcholski@wp.pl

*** Maritime University Gdynia, Morska Street 81-87, 81-225 Gdynia, Poland; e-mail: miszczak@am.gdynia.pl

new measurement method for the determination of friction conditions within journal slide bearings by using the Acoustic Emission Method is presented. The measurements were taken out using basic oil SN 500. Hardness and roughness of the cooperating surfaces are the same as in the measurements which were presented in papers [L. 4, 5] a year ago. During the measurements the temperature is taken into account. The Acoustic Emission Analysis is (in opposite to the aforementioned friction power measurement) a relative method, which means that the absolute amount of a RMS-Value depends on the measuring chain. The results are compared and discussed with other results obtained during experiments performed at the Maritime University Gdynia.

REMARKS ABOUT THE PERFORMED MEASUREMENTS AT UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES GIESSEN-FRIEDBERG

The test series were carried out by using the basic oil SN 500. The description of the test stand, the test parameter as well as the Acoustic Emission Analysis were presented in other papers [L. 1, 4, 5]. For better understanding of the presented measurements the scope of used load bearing and angular velocities of the journal bearings was established in **Table 1**.

In the experiments we used three constant bearing loads: 100 N, 80 N and 60 N but different angular velocities from 15 s^{-1} to 40 s^{-1} of the bearing journal and temperatures of the oil from 51°C to 53°C . Additionally the comparisons between the measured RMS-Values and the synchronically measured Friction forces for various bearing loads and angular velocities for basic oil SN 500 are presented. Sommerfeld number and other bearing operating parameters which are necessary for the experiments have been calculated from literature.

In previous authors papers [L. 4, 5] the dependences between constant journal velocity of 310 rpm of the bearing journal, temperatures from 21°C to 35°C and two constant bearing loads of 90 N and 120 N in different time are presented.

Table 1. Contains the range of anticipated angular velocities, the bearing loads, the measured oil temperatures and the belonging calculated Sommerfeld Numbers

Tabela 1. Zakres przewidywanych prędkości kątowych dla obciążeń łożyska oraz przynależne wartości obliczonych liczb Sommerfelda dla przyporządkowanych temperatur występujących podczas pomiarów

		Angular velocity ω [s^{-1}]						
		15.7	20.9	26.2	31.4	36.7	41.9	
Bearing load regions	$F_{L-III} = 100N$	ϑ_{Start} [$^{\circ}C$]	51.3	51.6	52.2	52.6	53.0	53.3
		So [-]	0.189	0.144	0.118	0.100	0.087	0.078
	$F_{L-II} = 80N$	ϑ_{Start} [$^{\circ}C$]	30.8	31.5	32.3	33.1	34.5	-
		So [-]	0.052	0.042	0.035	0.030	0.028	-
	$F_{L-I} = 60N$	ϑ_{Start} [$^{\circ}C$]	29.9	30.4	31.0	32.1	33.4	-
		So [-]	0.038	0.029	0.024	0.022	0.020	

ϑ_{Start} = Start temperature of each measurement point.
 So = The dynamic viscosity values used for the calculation of the Sommerfeld numbers depend on the aforementioned measured oil temperatures

TEST SERIES WITH CONSTANT BEARING LOAD AND DIFFERENT TEMPERATURES AND ANGULAR VELOCITIES

In **Fig. 1** to **Fig. 3** one can see the RMS-Values and the Friction forces at constant bearing load but different angular velocities and different temperatures. We used basic oil SN 500 in these test series. The angular velocities were reduced by some steps beginning at $50s^{-1}$ down to $15 s^{-1}$ and we increased the temperature from $29.9^{\circ}C$ to $53.3^{\circ}C$. The RMS-Values spreaded from 20 mV to 140 mV, the values of the Friction forces from 4 N to 35 N. Because of the nearly inertia free reaction of the Acoustic Emission system, any change of the friction conditions within the hydrodynamic journal bearing will be shown faster than in case of the Friction force measurement. This difference will be shown most clearly at low bearing loads and high angular velocities. The aforementioned working conditions lead to oscillations at the bearing because of the low hydrodynamic capacity. A decrease of the bearing load (**Fig. 1–3**) from 100 N to 60 N causes lower hydrodynamic capacities and therefore a poorer stable operation behavior of the journal slide bearing [**L. 2, 3**]. Point A in **Fig. 3** denotes according to author's opinion additionally generated Acoustic Emission caused by weak solid body contact.

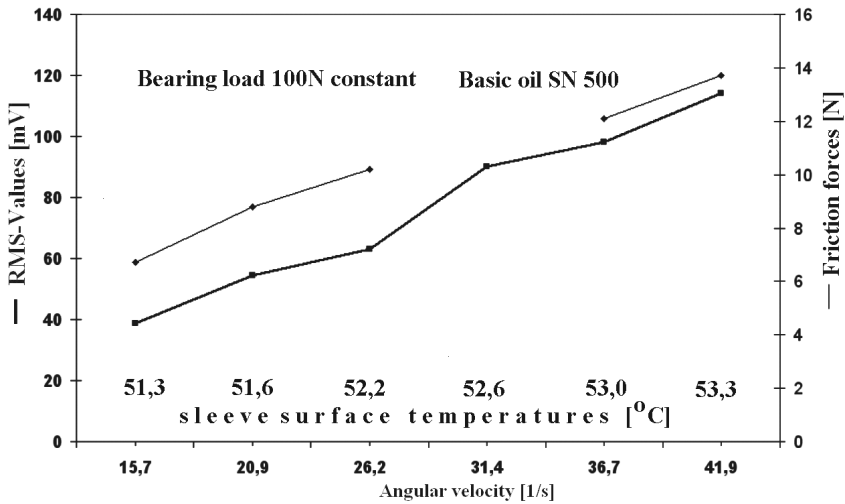


Fig. 1. Dependences between RMS measurement values and Friction forces for constant load 100 N and basic oil SN 500 versus different angular velocities and temperatures

Rys. 1. Zależność pomiędzy pomierzonymi wartościami RMS (wynikającymi z emisji akustycznej) a siłami tarcia dla stałego obciążenia 100 N w przypadku stosowania oleju bazowego SN 500 przy zmiennych prędkościach kątowych wału oraz przy zmiennych temperaturach

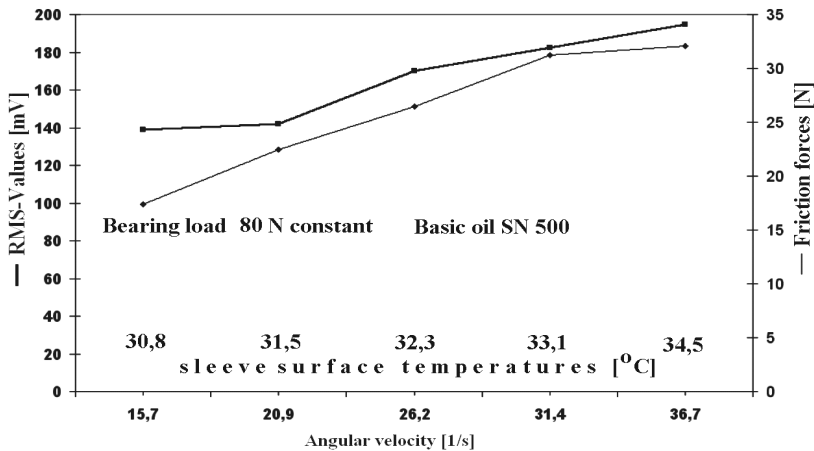


Fig. 2. Dependences between RMS measurement values and Friction forces for constant load 80 N and basic oil SN 500 versus different angular velocities and temperatures

Rys. 2. Zależność pomiędzy pomierzonymi wartościami RMS (wynikającymi z emisji akustycznej) a siłami tarcia dla stałego obciążenia 80 N w przypadku stosowania oleju bazowego SN 500 przy zmiennych prędkościach kątowych wału oraz przy zmiennych temperaturach

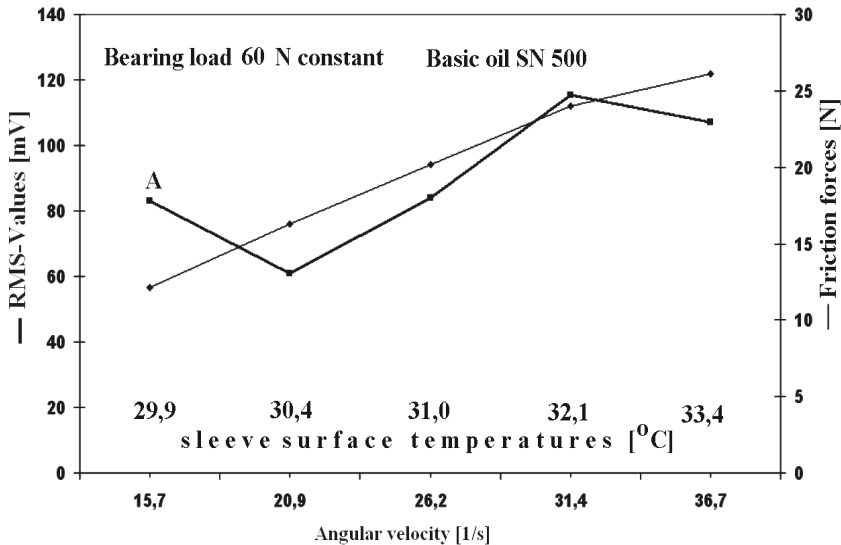


Fig. 3. Dependences between RMS measurement values and Friction forces for constant load 60 N and basic oil SN 500 versus different angular velocities and temperatures

Rys. 3. Zależność pomiędzy pomierzonymi wartościami RMS (wynikającymi z emisji akustycznej) a siłami tarcia dla stałego obciążenia 60 N w przypadku stosowania oleju bazowego SN 500 przy zmiennych prędkościach kątowych wału oraz przy zmiennych temperaturach

COMPARISONS BETWEEN RMS-VALUES AND FRICTION FORCES FOR VARIOUS BEARING LOADS, TEMPERATURES AND SOMMERFELD NUMBERS

In this chapter the comparisons between RMS-Values and Friction forces for different bearing loads, temperatures and Sommerfeld numbers are presented using the basic oil SN 500. **Fig. 4** respectively **Fig. 5** show the established dependences.

The point A in **Fig. 4** describes the lowest angular velocity of the bearing journal in the case of bearing load equal to 60 N. This point equals chapter 1 **Fig. 3** point A, where additional Acoustic Emission due to weak solid body contact is generated.

In **Fig. 5** one can see that the lowest temperature implies an increase of the friction force. This effect of the increasing of the friction force is caused by the small oil temperatures can be explained by the increasing of the dynamic viscosity and therefore increasing friction forces between oil particles.

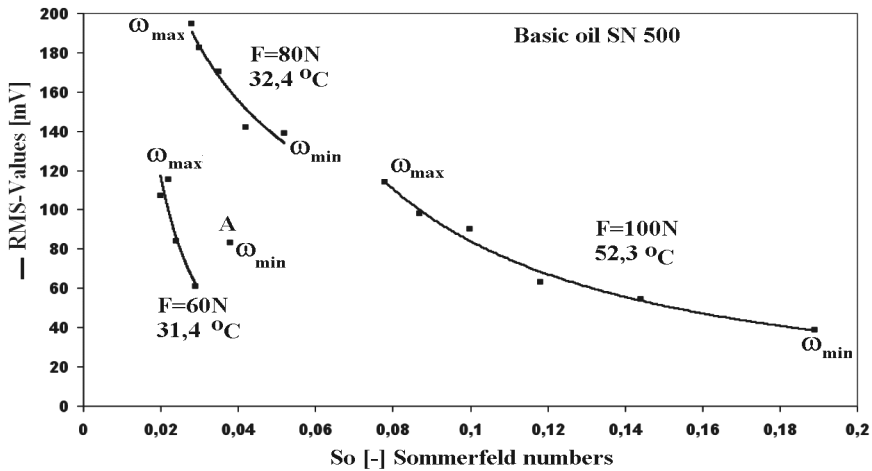


Fig. 4. Distributions of measured RMS-Values versus calculated Sommerfeld numbers according to the results contained in Fig. 1, 2 and 3 for basic oil SN 500 and different loads and temperatures

Rys. 4. Rozkłady pomierzonych wartości RMS jako funkcja obliczonych liczb Sommerfelda zgodnie z wynikami prezentowanymi na Rys. 1, 2 i 3 dla oleju bazowego SN 500 przy zmieniających się obciążeniach łożyska oraz zmiennych wartościach temperatur

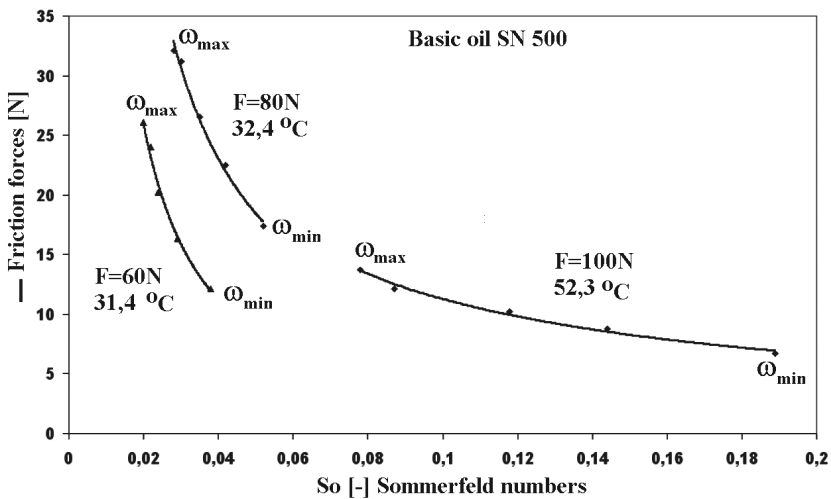


Fig. 5. Distributions of obtained values of Friction forces versus calculated Sommerfeld numbers according to the results contained in Fig. 1, 2 and 3 for basic oil SN 500 and different loads and temperatures

Rys. 5. Rozkłady uzyskanych wartości siły tarcia jako funkcja obliczonych liczb Sommerfelda zgodnie z wynikami prezentowanymi na Rys. 1, 2 i 3 dla oleju bazowego SN 500 przy zmieniających się obciążeniach łożyska oraz zmiennych wartościach temperatur

CONCLUSIONS

This report describes the use of the Acoustic Emission Analysis as an indicator of the friction conditions at journal slide bearings. These results of this paper are connected with the investigations described in the Papers [L. 4, 5]. The investigations were made at two different test stands. The test stand at Maritime University Gdynia covers the hydrodynamic operation range with common engine oil and constant oil temperatures. The test stand at University of Applied Sciences Giessen operates with basic oil and different oil temperatures.

The following conclusions can be deduced:

- If the oil temperature increases, the friction forces decrease. This relation affects the generated RMS-Values during the acoustic emission performances.
- If angular velocity decreases, the friction forces will decrease, too.

REFERENCES

1. American Society of Testing Materials, Standard Guide for Determining the Reproducibility of Acoustic Emission Sensor Response, American Society for Testing and Materials, USA, 2003, pp. 976.
2. Chao Zhang, Zixia Yi, Zhiming Zhang: THD Analysis of High Speed Heavily Loaded Journal Bearings Including Thermal Deformation, Mass Conserving Cavitation, and Turbulent Effects. Transactions of the ASME, Journal of Tribology, Vol. 122, 2000, pp. 597–602.
3. Czichos H., Habig K.-H.: Tribologie - Handbuch Reibung und Verschleiß, Auflage 2003, Vieweg & Sohn Verlag, Wiesbaden.
4. Ziegler B., Wierzcholski K., Miszczak A.: Friction forces measurements by the acoustic emission for slide bearing test stand in University of Applied Science Giessen. Journal of Kones Powertrain and Transport, Warsaw 2008, Vol.15, No.4, pp. 627-634.
5. Ziegler B., Wierzcholski K., Miszczak A.: Test stand in University of Applied Science Giessen for friction forces measurements in slide bearing using the acoustic emission method. Journal of Kones Powertrain and Transport, Warsaw 2008, Vol.15, No.3, pp. 591–595.

Recenzent:
Anna PIĄTKOWSKA

Streszczenie

Niniejsza praca przedstawia nowe rezultaty badań eksperymentalnych związanych z pomiarami sił tarcia w łożyskach ślizgowych metodą emisji akustycznej przeprowadzonych w okresie od 2008 do 2009 roku na Uniwersytecie Nauk Stosowanych w Giessen. Opisane zostały kolejne kroki pomiarów wartości tarcia hydrodynamicznego metodą emisji akustycznej na odpowiednio dostosowanym stanowisku badawczym w Giessen z uwzględnieniem pomiarów w zakresie tarcia mieszanego. W badaniach tych uwidocznił się wpływ obniżającej się temperatury na wzrost sił tarcia w trakcie eksploatacji łożyska ślizgowego.

Twardość i chropowatość współpracujących powierzchni w obecnych badaniach jest identyczna z twardością i chropowatością występującą w poprzednich badaniach, które zostały szczegółowo opisane w pracach [L. 4, 5]. Siły tarcia oraz ich warunki brzegowe zostały szczegółowo pomierzone na stanowisku badawczym dla niewielkich obciążeń. Dokonano pomiaru zależności pomiędzy siłami tarcia a różnymi wartościami liczb Sommerfelda. Podczas pomiarów metodą emisji akustycznej została szczegółowo uwzględniona temperatura. Stroną korzystną metody dokonywanych pomiarów jest fakt, że można pomierzyć absolutne wartości siły tarcia. Pomiar sił tarcia dokonany metodą emisji akustycznej uzewnętrznia zależność pomiędzy wysokimi częstotliwościami oscylacji mierzonych wartości powodowanych przez tarcie hydrodynamiczne pomiędzy molekułami oleju. Korzystną stroną tej metody jest fakt, że oscylacje mogą być wyznaczone bezpośrednio od źródła do czujnika, a ten fakt umożliwia pomiary „online”. Analiza emisji akustycznej w przeciwieństwie do pomiarów mocy tarcia wykonywanych na stanowisku badawczym w Akademii Morskiej w Gdyni pokazuje, że wartości pomocnicze RMS wyrażone w mV zależą od kolejności pomiarów.

Rezultaty badań wartości sił tarcia zostały przedyskutowane oraz porównane z innymi wartościami uzyskanymi na drodze eksperymentalnej przy wykorzystaniu innego stanowiska badawczego zbudowanego w Akademii Morskiej w Gdyni.