

Jarosław MIKOŁAJCZYK

**WPŁYW DODATKÓW SMAROWYCH
NA TRANSFORMACJĘ
WARSTWY WIERZCHNIEJ**



PWSZ
w Pile

JAROSŁAW MIKOŁAJCZYK

**WPŁYW DODATKÓW SMAROWYCH
NA TRANSFORMACJĘ WARSTWY WIERZCHNIEJ**

Piła 2017

Rada Wydawnicza:

*Donat Mierzejewski (przewodniczący), Joanna Kryza (sekretarz),
Ryszard Bania, Feliks Jaroszyk, Andrzej Kraczkowski, Jan Polcyn,
Zbigniew Popławski, Sylwester Sieradzki, Henryk Tylicki*

Recenzent

dr hab. inż. Tadeusz Leppert, prof nadzw. UTP

Korekta

autorska

Projekt okładki

Eugeniusz Waloch



© Copyright by **Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa
im. Stanisława Staszica w Pile**

Sto osiemdziesiąta trzecia publikacja
Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej
im. Stanisława Staszica w Pile

Piła 2017

ISBN 978-62617-76-0

Przygotowanie i druk:
KUNKE POLIGRAFIA

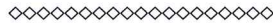
Spis treści



Symbole i akronimy częściej używane w pracy	7
1. GENEZA I PROBLEMATYKA PRACY	9
2. ANALIZA STANU WIEDZY Z ZAKRESU TEMATYKI PRACY – STUDIUM LITERATUROWE	11
2.1. Warstwa wierzchnia	11
2.1.1. Modele warstwy wierzchniej	14
2.1.2. Wielkości opisujące stan warstwy wierzchniej	16
2.1.2.1. Cechy fizyko-chemiczne warstwy wierzchniej	17
2.1.2.2. Cechy struktury geometrycznej powierzchni	19
2.2. Rodzaje procesów zużywania tribologicznego	29
2.3. Środki smarowe i dodatki uszlachetniające	36
2.4. Preparaty eksploatacyjne	41
2.4.1. Preparaty o działaniu chemicznym	42
2.4.2. Preparaty z cząsteczkami środków smarowych stałych	43
2.4.3. Preparaty umożliwiające smarowania na zasadzie tzw. przenoszenia selektywnego (PS)	45
2.5. Tomografia w zastosowaniu obrazowania mikrostruktury materiałów	46
3. PODSUMOWANIE STUDIUM LITERATUROWEGO	47
3.1. Wnioski z analizy literatury	47
3.2. Cel i zakres pracy	48
4. BADANIA WŁASNE	51
4.1. Badania wstępne	51
4.1.1. Zasada pomiarów	51
4.1.2. Warunki i zakres badań	51
4.1.3. Wyniki badań	52
4.1.4. Statystyczne opracowanie liczby powtórzeń pomiarów	55
4.2. Warunki zasadniczych badań doświadczalnych	59
4.2.1. Przedmiot i obiekt badań	59
4.2.2. Zakres i model badań	59
4.3. Stanowisko badawcze	64

5. WYNIKI BADAŃ PODSTAWOWYCH I ICH INTERPRETACJA	69
5.1. Zmiana geometrycznych cech konstrukcyjnych próbek jako miara intensywności procesu zużywania	69
5.2. Zmiana masy próbek w wyniku procesu zużywania	86
5.3. Zmiana temperatury a intensywność procesu zużywania	89
5.4. Zmiana poboru mocy podczas procesu zużywania	92
5.5. Badania WW z wykorzystaniem tomografii komputerowej CAT ...	96
6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI	203
6.1. Wnioski teoretyczne	203
6.2. Wnioski praktyczne	204
6.3. Proponowane kierunki dalszych badań oraz podsumowanie pracy	204
LITERATURA	207

LITERATURA



- Abbott E. J., Firestone F. A. 1993. Specyfing surface quality. [W:] Mechanical Engineering Nr 55, pp. 556–572.
- Barre F., Lopez J., Mathia T. G. 1997. New methods for characterising the anisotropy of engineering surfaces. [W:] Trans. 7th International Conference on Metrology and Properties of Engineering Surfaces. Gothenburg, Sweden, pp. 479–486.
- Bartz W.J. 2012. Lubrication of industrial gears with synthetic gear oils. [W:] Symposium 2012 Tribologie und Mobilität, s. 37 ÷ 38. Wiener Neustadt, Austria.
- Bezjazycznyj V. F. 2002. Wpływ jakości warstwy wierzchniej po obróbce mechanicznej na właściwości eksploatacyjne części maszyn. [W:] Zagadnienia Eksploatacji Maszyn z. Nr 2, s. 7–27.
- Biszczad R., Cichosz P. 2002. Korelacja parametrów chropowatości z wybranymi modelami topografii powierzchni. Instytut Badań i Ekspertyz Naukowych, Gorzów Wlkp.
- Boryczko A. 1987. Przemieszczenie narzędzia i przedmiotu a zakłócenia struktury geometrycznej powierzchni toczonych. [W:] Mechanik nr 5, s. 211–214.
- Burakowski T. 2004. Rozważania o synergizmie w inżynierii powierzchni. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
- Burakowski T. 1998. Rozwój inżynierii powierzchni a rozwój inżynierii eksploatacji. [W:] Tribologia nr 5, s. 829–843.
- Burakowski T. 2002. Znaczenie inżynierii powierzchni w tribologii. [W:] Tribologia nr 4, s. 1097–1111.
- Burakowski T. 2013. Areologia. Podstawy teoretyczne. Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji PIB. Radom.
- Burakowski T., Marczak R. 1995. Eksploatacyjna warstwa wierzchnia i jej badania. [W:] Zagadnienia Eksploatacji Maszyn z. 3, s. 327–337.
- Burakowski T., Marczak R. 1999. Wybrane procesy konstituowania się eksploatacyjnej warstwy wierzchniej. [W:] Tribologia nr 6, s. 757–765.
- Burakowski T., Wierzchoń T. 1995. Inżynieria powierzchni metali. WNT, Warszawa.
- Cichosz P., Kowalski M. 2004. Modelowanie matematyczne topografii powierzchni płaskowierzchołkowych typu „plateau”. [W:] Zeszyty Naukowe

Wydziału Mechanicznego nr 36. Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, s. 195–202, Koszalin.

- Czarniecki H. 2005. Analiza teoretyczna wpływu stereometrii powierzchni na działanie pary tribologicznej. [W:] Tribologia nr 4, s. 19–31.
- Daca J., Rudnicki Z., Warszzyński M. 2003. Analiza wpływu topografii powierzchni na przebieg zjawisk tribologicznych. [W:] Materiały XXI Sympozjonu PKM, Bielsko-Biała, WNT tom 1, s. 213–218, Warszawa.
- Dagnall H. 1986. Exploring surface texture. Rank Taylor Hobson, Leicester.
- De Chiffre L. 1999. Industrial survey on ISO surface texture parameters. [W:] Annals of the CIRP, 48/3, pp. 463–466.
- DIN 4776. Kenngrößen Rk, Rpk, Rvk, Mr₁, Mr₂ zur Beschreibung des Materialanteils im Rauheitsprofil. Messbegingungen und Auswertverfahren.
- DIN 4761. Oberflächencharakter. Geometrische Oberflächentextur Merkmale. Begriffe, Kurzzeichen.
- Dong W. P., Sullivan P. J., Stout K. J. 1994. Comprehensive study of parameters for characterizing three-dimensional surface topography. III. Parameters for characterising amplitude and some functional properties. [W:] Wear, Vol. 178, pp. 29–43.
- Dong W. P., Sullivan P. J., Stout K. J. 1994. Comprehensive study of parameters for characterizing three-dimensional surface topography. IV. Parameters for characterising spatial and hybrid properties. [W:] Wear, Vol. 178, pp. 45–60.
- Duś-Sitek M. 1999. Doświadczalne stwierdzenie istnienia strefy nadpowierzchniowej warstwy wierzchniej – modyfikacja modelu warstwy wierzchniej. [W:] Inżynieria Powierzchni nr 1, s. 29–34.
- Feld M., Konczakowski A. 1988. Analiza widmowa struktury geometrycznej powierzchni szlifowanych. Materiały XI Naukowej Szkoły Obróbki Ściernej, s. 109–116, Łódź.
- Fleischer G. 1999. Studie zur Energie- und Verschleißverteilung zwischen den Festkörper während der Reibung. Universität Otto von Guericke. Magdeburg.
- Garkunow D.N. 1987. Effect der Verschleißlosigkeit – eine neue Etappe bei der Verbesserung des Verschleißlosigkeit von Maschinenelementen. Schmierungstechnik, nr 3.
- Gładysz B. 1962. Tomografia – zastosowanie kliniczne. PZWL, Warszawa 1962.
- Godet M. 1984. The third body approach: A mechanical view of wear. [W:] Wear, Vol. 100, pp. 437–452.
- Górecka R., Polański Z. 1983. Metrologia warstwy wierzchniej. WNT, Warszawa.
- Handzel-Powierża Z. 1990. Warstwa wierzchnia i problemy jej identyfikacji. Wybrane problemy tribologii. PWN, s. 317–326, Warszawa.
- Hebda M., Wachal A. 1980. Trybologia. WNT, Warszawa.
- Janecki J., Hebda M. 1969. Tarcie, smarowanie i zużycie części maszyn. WNT, Warszawa.
- Kaczmarek J., Klimczak T. 1986. Dwu- i trójwymiarowa charakterystyka mikronierówności powierzchni. [W:] Zagadnienia Eksploatacji Maszyn, z. 1, s. 39–46.

- Kałdoński T. 1995. Tribologia i płyny eksploatacyjne, cz. II: Wybrane problemy tribologii. Wydawnictwo Wojskowe Akademii Technicznej, Warszawa.
- Kałdoński T.J., Kałdoński T., Ozimina D. 2008. Wpływ napięcia powierzchniowego, kąta zwilżania i adsorpcji substancji smarnych na ich właściwości smarnościowe. [W:] Tribologia nr 2, s. 235 ÷ 246.
- Kedziora H.-J., Parsons F., Tabenkin A. 2004. Industrial problems with proliferation and expansion of surface finish parameters. Proc. of XI Int. Coll. On Surfaces, pt. 1, pp. 93–100, Chemnitz.
- Kępka C. 2013. Tomografia komputerowa tętnic wieńcowych jako alternatywa dla koronarografii. Instytut Kardiologii w Warszawie.
- Kolman R. 1965. Mechaniczne wzmacnianie powierzchni części maszyn. WNT, Warszawa.
- Konczakowska A., Konczakowski A. 1978. Badania struktury geometrycznej powierzchni metodami korelacji i widmowymi. [W:] Mechanik nr 6, s. 294–296.
- Kośła K., Cichomski M., Kozłowski W. 2012. Preparation and tribological characterization of the organosilanes on aluminium surface. III Krajowa Konferencja Nano- i Mikromechaniki, s. 141, Warszawa.
- Krause H., Schroelkamp Ch. 1981. Investigation into the reaction of metallic bodies in tribological system. Proc. of Eurotrib'81, pp. 324–329, Warsaw.
- Krawiec S. 2011. Kompozycje smarów plastycznych i stałych w procesie tarcia stalowych węzłów maszyn. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Kruk A. 2012. Tomografia elektronowa i jej zastosowanie w obrazowaniu i metrologii mikrostruktury materiałów. Wydawnictwo AGH Kraków.
- Laber S. 2001. Preparaty eksploatacyjne. Wydział Mechaniczny Instytutu Budowy Maszyn i Pojazdów, Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.
- Laber S. 2003. Badania własności eksploatacyjnych i smarnych uszlachetnicza metalu Motor Life Professional. Uniwersytet Zielonogórski, Zielona Góra.
- Latoś H. 1999. Podstawy doboru kierunkowości i struktury powierzchni o określonych właściwościach tarciovych. Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej nr 74, seria Konferencje nr 34, s. 117–124, Wrocław.
- Lawrowski Z. 2009. Tribologia: tarcie, zużywanie i smarowanie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- Lass P. 1998. Tomografia emisyjna pojedynczego fotonu. Via Medica S.C. Gdańsk.
- Legutko S., Nosal S. 2004. Kształtowanie technologicznej i eksploatacyjnej warstwy wierzchniej. Ośrodek Wydawnictw Naukowych PAN, Poznań.
- Leppert T., 2008. Badania wpływu sposobu chłodzenia i smarowania na siły skrawania podczas toczenia. Mat. Szkoły Obróbki Skrawaniem Obróbka Skrawaniem – Innowacje, Kraków, 368 ÷ 376.
- Leppert T., 2009. Zużycie ostrza w warunkach toczenia na sucho i z MQL. Obróbka skrawaniem, t. 3, red. H. Latoś, Wyd. Uczeln. UTP w Bydgoszczy, 163 ÷ 169.

- Li C. G., Dong S., Zhang G. X. 2000. Evaluation of the anisotropy of machined 3D surface topography. [W:] *Wear*, Vol. 237, pp. 211–216.
- Lubimow W., Oczóś K. E. 1997. Wybrane zagadnienia kształtowania nierówności powierzchni w procesach obróbkowych. [W:] *Mechanik* nr 3, s. 81–84.
- Lubimow W., Oczóś K. E., Łabudzki R. 2000. Klasyfikacja struktur geometrycznych powierzchni (SGP) obrabianych ściernie. W: Oczóś K. E. (redakcja) *Obróbka ścierna. Podstawy i technika*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, s. 206–211, Rzeszów.
- Marczak R. 1993. Postęp w badaniach zjawiska Garkunowa. Materiały konferencji „Problemy bezzużyciowego tarcia w maszynach.” Wydaw. WSI Radom.
- Marczak R. 1955. Istota, model i możliwości wykorzystania zjawiska Garkunowa w technice. Materiały Konferencyjne NT. Problemy niekonwencjonalnych układów łożyskowych. Łódź.
- Materiały informacyjne PUPH „MIND” Sp. z o.o., Łochowice, 86-005 Białe Błota.
- Materiały informacyjne Zakładu „PLASTMAL” Sp. z o.o., Warszawa.
- Matuszewski M. 2008. Badanie wpływu wybranych parametrów struktury geometrycznej powierzchni elementów par kinematycznych na proces ich zużywania. Rozprawa doktorska. Bydgoszcz.
- Matuszewski M. 2013: Kierunkowość struktury geometrycznej powierzchni w transformacji warstwy wierzchniej. Praca habilitacyjna. Rozprawy nr 170. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego. Bydgoszcz.
- Matuszewski M., Mikołajczyk J. 2011. Konstrukcja i sterowanie stanowiska do badań tribologicznych. [W:] *CAX’2010, Komputerowe Wspomaganie Nauki i Techniki, VII Warsztaty Naukowe*, s. 35 ÷ 40, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz.
- Mayer K. 1916. Radiologiczne rozpoznanie różniczkowe chorób serca i aorty. Gebethner i Wolf. Kraków.
- Mori M., Kumehara H. 1976. Replication of cutting edge roughness on the work surface. [W:] *Bull. of Japan Soc. of Precision Engineering*, Vol. 10, No. 1, pp. 171–179.
- Mikołajczyk J. 2009. Zestawienie porównawcze dodatków depresujących do olejów. [W:] *Zaawansowana tribologia*, s. 92 ÷ 100. XXX Ogólnopolska Konferencja Tribologiczna. Nałęczów.
- Mikołajczyk J. 2009. Zestawienie porównawcze własności fizyko-chemicznych dodatków smarnych w oleju podstawowym SAE-30. VI Konferencja Naukowo-Techniczna TEROTECHNOLOGIA, s. 74 ÷ 79, Kielce.
- Mikołajczyk J. 2012. System rejestracji i wizualizacji warunków pracy stanowiska do badań tribologicznych. [W:] *CAX’2011, Komputerowe Wspomaganie Nauki i Techniki, VIII Warsztaty Naukowe*, s. 13 ÷ 18, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz.
- Mikołajczyk J. 2012. Badanie wpływu preparatu eksploatacyjnego Mind M na zmianę własności smarnych oleju bazowego SN-150. [W:] *Inżynieria i Aparatura Chemiczna* nr 5, s. 235 ÷ 236.

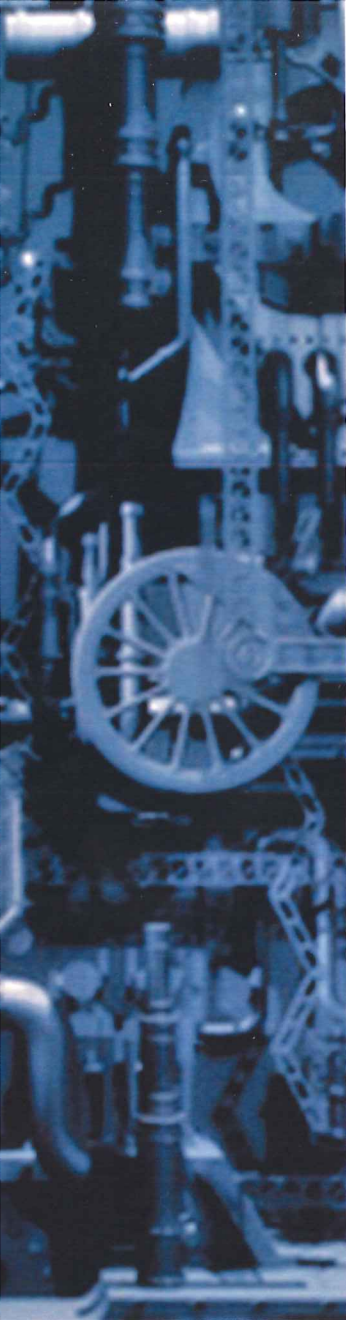
- Mikołajczyk J., Mikołajczyk T., Matuszewski M. 2015. Logistyczne aspekty zarządzania procesem naprawy. *Logistyka* 4/2015.
- Mikołajczyk J., Matuszewski M. 2015. Einfluss der ausgewählten Schmierstoffzusätze auf ΔT und ΔP mit Basisöl SN-150. *Tribologie in Industrie und Forschung. Werkstoffe, Schmierstoffe und Technologie. Wiener Neustadt*, A. 25. November 2015. Austria.
- Mikołajczyk J., Mikołajczyk T., Matuszewski M., Styp-Rekowski M. 2016. Wpływ warunków chłodzenia i smarowania podczas obróbki elementów maszyn na stopień izotropowości ich powierzchni. *Tribologia* 1/2016, pp. 57 ÷ 67.
- Mikołajczyk J. 2016. Vergleich charakteristischer Parameter des Abbott-Firestone-Diagramms für ein Kinematisches Paar mit Konformen Kontakt. *Tribologie in Industrie und Forschung. Verschleisschutz, Instandhaltung und Anlagenzuverlässigkeit. Linz*, A. 22./23. November 2016. Austria, pp. 105 ÷ 111.
- Mikołajczyk J., Styp-Rekowski M., Matuszewski M., Musiał J. 2012. Einfluß der Kompositionen von Schmierzusätzen auf die Exploitations-Eigenschaften der Mischung mit Basisöl SN-150. *Symposium 2012 Tribologie und Mobilität*, s. 97 ÷ 104. Wiener Neustadt, Austria.
- Mikołajczyk J., Styp-Rekowski M. 2012. The Influence of Mind M Preparation on the Lubricant Properties of Oil SN-150. 53. [W:] *Tribologie-Fachtagung, Band I, Vortrag 18. Göttingen, Niemcy*.
- Musiał J., 2006. Influence of operation external loads on changes in surface geometrical structure of kinematic pair elements. *Tribologia* 3, 143 ÷ 152.
- Nosal S. 2012. *Tribologia. Wprowadzenie do zagadnień tarcia, zużywania i smarowania. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań*.
- Nowicki B. 1980. Badania mikrostruktury geometrycznej powierzchni obrobionych i metod jej oceny. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, [W:] Mechanika, z. 70, Warszawa*.
- Nowicki B. 1985. Multiparameter representation of surface roughness. [W:] *Wear, Vol. 102, pp. 161–176*.
- Nowicki B. 1991. *Struktura geometryczna: chropowatość i falistość powierzchni. WNT, Warszawa*.
- Nowicki B. 1991. Wpływ struktury geometrycznej powierzchni na własności użytkowe części maszyn. [W:] *Mechanik nr 4, s. 148–149*.
- Nyc R. 2000. Możliwości zastosowania profilometrii skaningowej do interpretacji zużycia elementów maszyn. [W:] *Problemy Eksploatacji nr 3, s. 183–191*.
- Nyc R. 2001. Ocena zużycia współpracujących powierzchni elementów maszyn na podstawie krzywych nośności. [W:] *Tribologia nr 3, s. 349–355*.
- Oczó K. E., Lubimow W. 1998. Analiza w układzie 3D struktury geometrycznej powierzchni szlifowanych. W: *Dąbrowski L., Marciniak M., Nowicki B. (redakcja): Badania podstawowe i techniczne obróbki ściernej, s. 116–122. Warszawa*.
- Oczó K. E., Lubimow W. 1999. Klasyfikacja struktur geometrycznych powierzchni (SGP). [W:] *Prace Naukowe Instytutu Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej nr 74, s. 149–154. Wrocław*.

- Oczoś K. E., Lubimow W. 1998. Nowe aspekty trójwymiarowej (3D) analizy chropowatości powierzchni obrabianej. [W:] *Mechanik* nr 8/9, s. 471–476.
- Oczoś K. E., Lubimow W. 2003. Struktura geometryczna powierzchni. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- Oczoś K. E., Lubimow W. 2008. Rozważania nad istotnością parametrów struktury geometrycznej powierzchni w układzie 3D. [W:] *Mechanik* nr 3, s. 132 ÷ 137.
- Oczoś K. E., Lubimow W., Łabudzki R. 2001. Analiza porównawcza struktur geometrycznych powierzchni (SGP) po obróbce ścierniej. Zbiór prac XXIV Naukowej Szkoły Obróbki Ścierniej, s. 249–260. Łopuszna.
- Oczoś K. E., Lubimow W., Łabudzki R. 2001. Izotropowość i symetryczność SGP. Materiały VI Konferencji N–T „Kształtowanie materiałów niemetalowych”. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, s. 293–302. Rzeszów.
- Oczoś K. E., Lubimow W. 2008. Rozważania nad istotnością parametrów struktury powierzchni w układzie 3D. [W:] *Mechanik* 6.
- Ozimina D. 2000. Metody oceny oddziaływań tribochemicznych dodatków przeciwzatarciowych. [W:] *Metrologia i Systemy Pomiarowe* nr 1, s. 73 ÷ 87.
- Ozimina D. (red.) 2013. Eksploatacja systemów tribologicznych, t. 2: Tarcie, zużycie, smarowanie wybranych węzłów tribologicznych. Wydawnictwo Politechniki Świętokrzyskiej, seria Monografie, studia, rozprawy, z. M49, Kielce.
- Panicz A. 2000. Chropowatość powierzchni – co nowego?. [W:] *Pomiary Automatyka Kontrola* nr 5, s. 39–47.
- Pawlus P. 2006. Topografia powierzchni: pomiar, analiza, oddziaływanie. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów.
- Peters J. 2001. Contribution of CIRP to the development of metrology and surface quality evaluation during the last fifty years. [W:] *Annals of the CIRP*, 50/2, pp. 471–488.
- Piekoszewski W., Szczerek M., Wiśniewski M. 2000. Charakterystyki tribologiczne chropowatości powierzchni elementów maszyn. [W:] *Zagadnienia Eksploatacji Maszyn*, z. 3, s. 43–69.
- Pietruszewicz W. 1985. Parametry powierzchni i ich przydatność do określenia cech użytkowych przedmiotu. Materiały Konferencji N-T „Wpływ technologii na stan warstwy wierzchniej”. Poznań – Gorzów Wlkp.
- Polakowski K. 2011. Tomograficzne obrazowanie lokalnych wartości parametrów przepływów produktów spalania w technice samochodowej. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- PN – EN ISO 1302: 2004. Specyfikacje geometrii wyrobów (GPS). Oznaczanie struktury geometrycznej powierzchni w dokumentacji technicznej wyrobu.
- PN – EN ISO 4287: 1999. Struktura geometryczna powierzchni: metoda profilowa. Terminy, definicje i parametry struktury geometrycznej powierzchni.
- PN – 87/M – 04250: Warstwa wierzchnia. Terminologia.
- Polański Z.: *Metody optymalizacji w technologii maszyn*. PWN, Warszawa 1977.
- Polański Z. 1984. *Planowanie doświadczeń w technice*. PWN, Warszawa.

- Pondicherry K.S., Wolf F., Grenn G., 2015. Tribologie in Industrie und Forschung. Werkstoffe, Schmierstoffe und Technologie. Wiener Nuestadt, Austria.
- Płaza S., Margielewski L., Celichowski G. 2005. Wstęp do tribologii i tribochemia. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.
- Rehbein W., Rigo J., Lange I. 2012. Prüfung des Stick-Slip-Verhaltens von Gleitbahnölen mittels Schwing-Reibverschleiss Tribometer (SRV). [W:] 53. Tribologie-Fachtagung. Vortrag 31, Band I. Göttingen. Niemcy.
- Rigney D. A., Gleaser W. A. 1978. The significance of near surface microstructure in the wear process. [W:] Wear, Vol. 46, pp. 241–250.
- Sadowski J. 2006. Nowa interpretacja i ocena zużycia tribologicznego. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
- Sadowski J. 1997. Termodynamiczne aspekty procesów tribologicznych. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
- Sadowski J. 2003. The thermodynamic theory of friction and wear. Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom.
- Stachowiak G. W., Batchelor A. W. 2001. Engineering tribology. Butterworth-Heinemann.
- Starczewski L. 2002. Wodorowe zużywanie ciernych elementów maszyn. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom.
- Stout K. J., Davis E. J., Sullivan P. J. 1990. Atlas of machined surfaces. Chapman and Hall, London.
- Stout K. J., Dong W. P., Mainsah E. 1993. A proposal for standartisation of assessment of three-dimensional micro-topography – Part I. Surface digitisation and parametric characterisation. University of Birmingham.
- Stout K. J., Sullivan P. J., Dong W. P., Mainsah E., Luo N., Mathia T., Zahouani H. 1993. The development of methods for the characterisation of roughness in three-dimensions. Commission of the European Communities.
- Styp-Rekowski M. 1990. Geometrical constructional features of special rolling bearings against their exploitational properties. Proceedings of IVth Symposium INTERTRIBO '90, Vol. C, pp. 93–96.
- Styp-Rekowski M. 2001. Znaczenie cech konstrukcyjnych dla trwałości skośnych łożysk kulkowych. Wydawnictwo Naukowe ATR, seria Rozprawy, nr 103, Bydgoszcz.
- Styp-Rekowski M., Mikołajczyk J. 2009. Smarowanie w eksploatacji maszyn. Seminarium pt. Twórczość Inżynierska dla Współczesnej Europy, s. 53 ÷ 58. Bydgoszcz-Białe Błota.
- Styp-Rekowski M., Świerk K., Mikołajczyk J. 2010. Modyfikowanie cech środka smarującego za pomocą dodatków i komputerowe wspomaganie ich doboru. [W:] CAX'2009, Komputerowe Wspomaganie Nauki i Techniki, VI Warsztaty Naukowe, s. 15 ÷ 19, Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego, Bydgoszcz.
- Styp-Rekowski M., Mikołajczyk J. 2012. Wpływ dodatku na własności smarowe oleju bazowego SN-150. [W:] Tribologia nr 4, s. 227 ÷ 232.
- Styp-Rekowski M., Mikołajczyk J. 2012. Zmiana temperatury na drodze tarcia dla kompozycji olej bazowy SN-150-preparat eksploatacyjny Mind M.

- III Krajowa Konferencja Nano- i Mikromechaniki Instytutu Podstawowych Problemów Techniki Polskiej Akademii Nauk, s. 145 ÷ 146. Warszawa.
- Szczerek M. 1997. Metodologiczne problemy systematyzacji eksperymentalnych badań tribologicznych. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom.
 - Szczerek M., Wiśniewski M. (redakcja) 2000. Tribologia i tribotechnika. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom.
 - Szulc L. 1965. Struktura i własności fizyko-mechaniczne obrobionych powierzchni metali. Zeszyt specjalny Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
 - Szumniak J. 2001. Warstwa wierzchnia elementów trących. Budowa, własności i ich identyfikacja, wpływ na tarcie. Poradnik tribologii i tribotechniki (4-5), s. 11–18.
 - Terry A.J., Broun C.A. 1997. A comparison of topographic characterisation parameters in grinding. [W:] *Annals of the CIRP*, 46/1, pp. 497–500.
 - Tripp J. H., Ioannides E. 1990. Effects of surface roughness on rolling bearing life. *Proceedings of the Japan International Conference*. Japanese Society of Tribologists Nagoya, Vol. 2, pp. 797–804.
 - Tsukada T., Kanad T. 1986. Evaluation of two- and three-dimensional surface roughness. [W:] *Wear*, Vol. 109, pp. 1–4.
 - Vorburger T.V. at all. 1997. Characterisation of surface topography. [W:] *Annals of the CIRP*, 46/2, pp. 597–615.
 - Walicka A. 2002. Reodynamika przepływu płynów nienewtonowskich w kanałach prostych i zakrzywionych. Wydawnictwo Uniwersytetu Zielonogórskiego, Zielona Góra.
 - Walicki E., Walicka A. 1998. Reologia wybranych płynów smarujących. *Materiały Zebrania SPE KBM PAN*, s. 137–144, Zielona Góra.
 - Whitehouse D.J. 1978. Surfaces – a link between manufacture and function. *Proc. Inst. Mech. Engrs.*, 192, pp. 179–188.
 - Wieczorowski M., Cellary A., Chajda J. 1996. Charakterystyka chropowatości powierzchni. Politechnika Poznańska, Poznań.
 - Wieczorowski M., Cellary A., Chajda J. 2003. Przewodnik po pomiarach nierówności powierzchni czyli o chropowatości i nie tylko. Politechnika Poznańska, Poznań.
 - Williams J. 2005. *Engineering tribology*. Cambridge University Press, Cambridge.
 - Willis E. 1986. Surface finish in relation to cylinder liners. [W:] *Wear*, Vol. 109, pp. 351–366.
 - Wiśniewski M. 2001. Parametry chropowatości powierzchni. *Poradnik tribologii i tribotechniki* (2), s. 5–6.
 - Wolf H. 1969. Analyse des Istprofils hinsichtlich der Verteilung der Riefen und Rillenamplituden zum Erkennen der einzelnen Bestandteile des Istprofils am Profilschnitt. *VDI-Bericht Nr 133*, s. 325 ÷ 331. Düsseldorf. Niemcy.
 - Zeliaś A. 2000. *Metody statystyczne*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne. Warszawa.

- Żółtowski B. 1996. Podstawy diagnostyki maszyn. Wydawnictwo Akademii Techniczno-Rolniczej, Bydgoszcz.
- Żółtowski B., Cempel Cz. (redakcja) 2004. Inżynieria diagnostyki maszyn. Wydawnictwo Instytutu Technologii Eksploatacji, Radom.
- Żurowski W., Sadowski J. 2001. Badania maksymalnej odporności układów ciał metalicznych na zużywanie. Cz. II. Badania eksperymentalne maksymalnej odporności na zużywanie tribologiczne i wybranych cech warstwy wierzchniej. [W:] Inżynieria Powierzchni nr 1, s. 41–55.



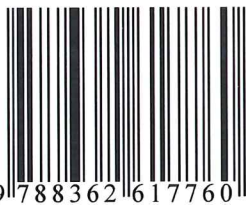
„...Problematyka publikacji dotyczy zagadnień tribologicznych występujących w parze ciernej, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu dodatków smarowych na intensywność procesu zużywania w parze ciernej ze stykiem konforemnym. Procesy zużywania współpracujących powierzchni maszyn i urządzeń wpływają destrukcyjnie na ich stan techniczny i mogą być przyczyną pojawiających się awarii. Znajomość procesu zużywania współpracujących powierzchni i jego oddziaływania na stan warstwy wierzchniej na istotne znaczenie dla zwiększenia niezawodności i czasu bezawaryjnej pracy obiektów technicznych. Intensywność procesu zużywania zależy od warunków tarcia pary trącej, na co istotny wpływ mają sposób smarowania i właściwości smarowe środków smarowych. Stąd ważne są badania zmierzające do poznania oddziaływania środków smarowych i ich właściwości na proces zużywania pary ciernej, bowiem od ich wyników zależy możliwość stworzenia optymalnych warunków pracy pary ciernej i zminimalizowania zmian w eksploatacyjnej warstwie wierzchniej. Pomimo licznych prac naukowych, analizowanych przez autora publikacji, zarówno o charakterze teoretycznym i doświadczalnym poświęconych zagadnieniu wpływu środków smarowych na proces zużywania i wynikających z niego zmian w warstwie wierzchniej, zagadnienie to nie zostało dotąd w pełni poznane. Intensywny rozwój środków smarowych o ulepszonych właściwościach smarowych uzasadnia kontynuowanie badań nad ich oddziaływaniem na parę trącą oraz przydatność eksploatacyjną. Z wymienionych względów wybór tematyki publikacji można uznać za trafny i zgodny z trendami współczesnej nauki z zakresu tribologii i inżynierii powierzchni...”.

Z recenzji dra hab. inż. Tadeusza Lepperta, prof. nadzw. UTP

**Sto osiemdziesiąta trzecia publikacja
Państwowej Wyższej Szkoły Zawodowej
im. Stanisława Staszica w Pile**

Piła 2017

ISBN 978-83-62617-76-0



9 788362 617760