

CHROPOWATOŚĆ RÓWNOWAGOWA JAKO KRYTERIUM OCENY STANU TECHNICZNEGO WAŁÓW KORBOwych SILNIKÓW CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH

Tomasz Stawicki

Instytut Inżynierii Rolniczej, Akademia Rolnicza w Szczecinie

Streszczenie. W opracowaniu zmierzano do uzasadnienia potrzeby poszukiwania rozwiązań ukierunkowanych na pełniejsze wykorzystanie potencjału eksploatacyjnego maszyn rolniczych poprzez modyfikację, w procesach obsługi technicznego, właściwości użytkowych powierzchni roboczych węzłów uznanych za krytyczne. Na podstawie analizy uwarunkowań eksploatacyjnych wytypowano do badań łożyskowania ślizgowe, uznane za reprezentatywne i dla nich weryfikowano możliwość przystosowywania do wykazywanej zmienności form i intensywności zużywania.

Słowa kluczowe: chropowatość równowagowa, potencjał eksploatacyjny, trwałość, niezawodność

Wprowadzenie

Ze względu na takie uwarunkowania eksploatacyjne maszyn rolniczych, jak długie okresy trwania, zmiany w technologii produkcji rolniczej, a także zmiany klimatyczne (długotrwałe susze, opady punktowe), istnieje potrzeba dostosowywania procedur obsługi do zmieniających się standardów eksploatacyjnych. Użytkowanie maszyn starszej generacji w warunkach, dla których nie zostały one zaprojektowane może powodować zagrożenie bezpieczeństwa ludzi i środowiska naturalnego oraz skutkować zwiększoną awaryjnością na skutek przeciążeń zespołów roboczych. Nawet w przypadku nowoczesnych maszyn, w okresach dużej efektywności ich zastosowania, zachodzi konieczność kilkakrotnego wykonywania napraw, których jakość powinna odpowiadać zmieniającym się potrzebom użytkowników i nowym generacjom materiałów eksploatacyjnych jak biooleje i biopaliwa.

Jak wynika z badań ankietowych wykonanych wśród użytkowników maszyn rolniczych [Grieger 2005], należy zmierzać do poprawy charakterystyki niezawodnościowej silników spalinowych, których awarie stanowią największy procentowy udział w ogólnej liczbie awarii zespołów maszynowych w gospodarstwach o wielkości do 250 ha, natomiast w gospodarstwach o większych arealach klasyfikują się zaraz za układami hydraulicznymi. Musi to dotyczyć w szczególności ciągników rolniczych, ze względu na ich znaczenie dla realizacji procesów produkcyjnych i największy udział w technicznych środkach produkcji. W związku z tym w badaniach własnych podjęto problem opracowania rozwiązań przystosowanych do pełniejszego wykorzystania trwałości normatywnej tych maszyn. Na podsta-

wie przeglądu piśmiennictwa, wykonanej analizy procesów obsługiwanego oraz zgromadzonych informacji o stanach awaryjnych uznano, że jest możliwe pełniejsze wykorzystanie potencjału eksploatacyjnego ciągników rolniczych, poprzez poprawę cech użytkowych powierzchni roboczych łożysk ślizgowych mechanizmu korbowego.

Pomimo wielu doświadczeń w zakresie technologii wytwarzania i obsługiwanego, łożyska ślizgowe wałów korbowych zalicza się do węzłów krytycznych maszyn rolniczych, co wynika między innymi ze specyfiki użytkowania w rolnictwie. Typowa dla maszyn rolniczych duża zmienność prędkości względnej współpracujących elementów (częste rozruchy i zatrzymania, uwrocia, przeciążenia zespołów roboczych itp.), uniemożliwia realizację tarcia płynnego w całym zakresie parametrów pracy węzłów ślizgowych. Konsekwencją niestabilnych stanów pracy, długotrwałych przestojów oraz przeciążeń eksploatacyjnych są powtarzające się okresy adaptacji strukturalnej powierzchni roboczych – tzw. ustawiczne docieranie [Dreszczyk i in. 1996] – i charakterystyczna dla tych okresów intensyfikacja destrukcyjnych form zużycia. W efekcie obserwuje się przyspieszone zużycie materiału części współpracujących przy pozostającym, niewyczerpanym zapasie trwałości zmęczenia. W związku z tym podjęto badania ukierunkowane na minimalizowanie zużycia materiału węzłów ślizgowych, w powtarzających się okresach adaptacji do warunków pracy, a w szczególności w czasie ich docierania ponaprawczego.

Materiały i metody

Jako założenie do badań własnych przyjęto, że dla pełniejszego wykorzystania potencjału eksploatacyjnego ciągników rolniczych, zasadne jest monitorowanie stanu mikrogeometrii powierzchni roboczych węzła ślizgowego czop-panewka, w celu ustalenia zakresu wartości parametrów chropowatości równowagowej. Chropowatość równowagowa kształtuje się w trakcie docierania powierzchni współpracujących tarciowo, zapewnia minimalne wartości zużycia [Kragielski i in. 1977] i minimum dyssypacji energii [Kombałow 1974], dla danych warunków użytkowania. Przyjęto również, że wartości wytypowanych parametrów chropowatości mogą stanowić kryterium oceny stanu technicznego, warunkującego wykonanie operacji obsługowych ukierunkowanych na utrzymywanie i przywracanie równowagowego stanu mikrogeometrii współpracującym powierzchniom roboczym. Spełnienie tego postulatu, w przypadku realizacji naprawy, oznacza przystosowanie węzła tarcia do przyjęcia pełnego zakresu obciążeń eksploatacyjnych od chwili rozpoczęcia fazy użytkowania, co jest jednoznaczne z przeniesieniem docierania z fazy użytkowania do procesu technologicznego. W badaniach własnych, wykonanych w ramach pracy doktorskiej [Stawicki 2006], uzyskano praktyczne potwierdzenie takiej możliwości. Dla modelowego węzła tarcia, wykazującego podobieństwo materiałowe i geometryczne do przewidywanego układu obróbkowego czop-narzędzie, uzyskano zakładane zmiany mikrogeometrii powierzchni próbek oraz potwierdzono dużą pewność przewidywania wartości parametrów chropowatości w zależności od zastosowanych wymuszeń.

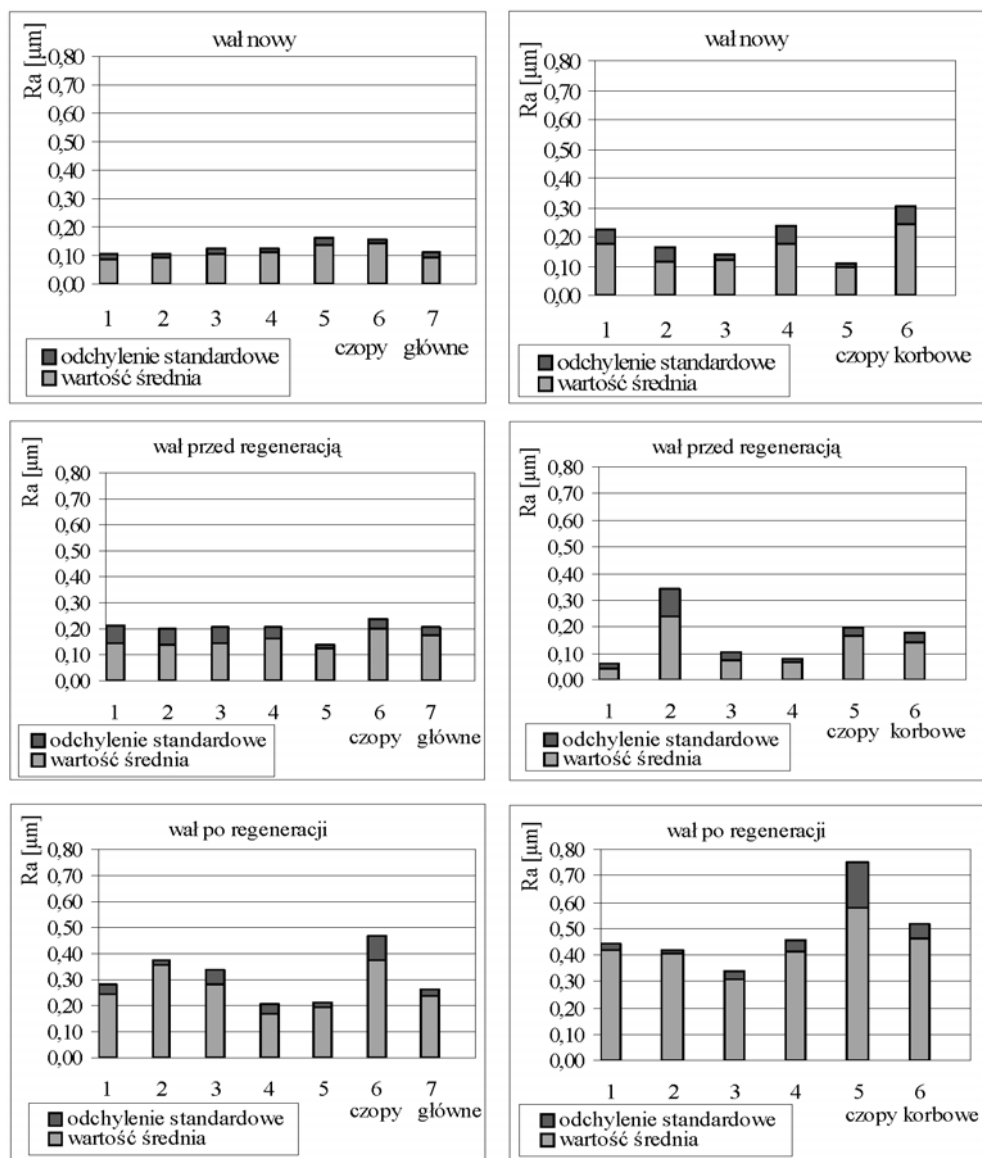
Jako warunek konieczny do wdrożenia proponowanej metody w zakładach naprawczych, a docelowo do wykonywania zbiegów utrzymywania chropowatości równowagowej na powierzchniach części po ich naprawie, uznano potrzebę monitorowania stanu mikrogeometrii węzła ślizgowego w czasie eksploatacji. Podjęto ten problem w aktualnie realizowanych badaniach.

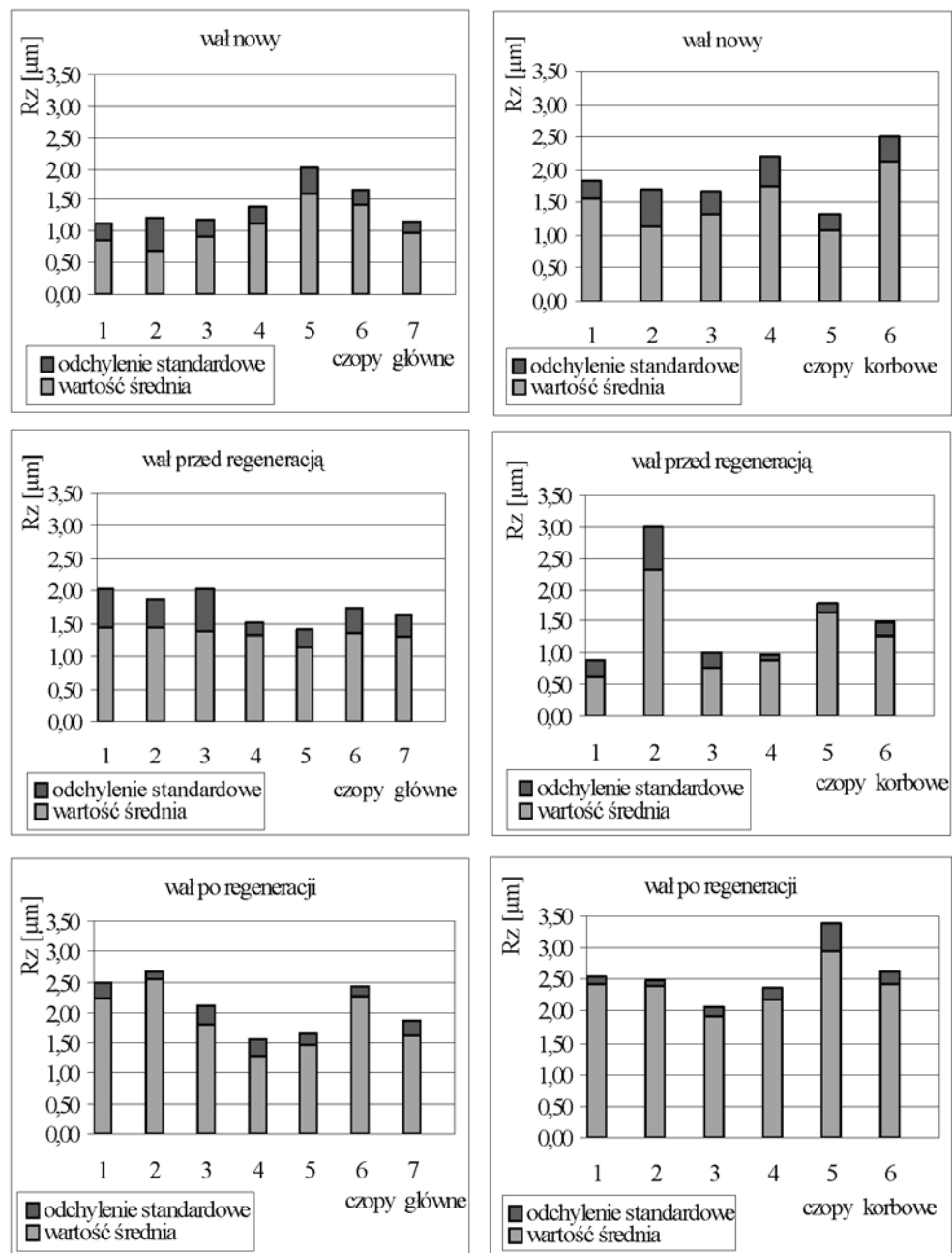
Jako obiekt badań wytypowano łożyskowania ślizgowe mechanizmu korbowego silników ciągników rolniczych John Deere. Do badania mikrogeometrii powierzchni roboczych czopów zastosowano profilografometr „HOMMELWERKE T-1000 E” współpracujący ze specjalistycznym programem komputerowym „TURBO DATAWIN NT”. Aparatura pomiarowa umożliwia bezpośrednie wykonanie badań mikrogeometrii powierzchni roboczych czopów wałów korbowych w zakładach naprawczych, rejestrację wyników w pamięci komputera oraz ich późniejszą analizę w warunkach laboratoryjnych. Do oceny stanu mikrogeometrii badanych powierzchni wytypowano parametry Ra i Rz , ze względu na powszechność ich stosowania w praktyce inżynierskiej i modelowe współzależności ujmujące przystosowanie powierzchni węzłów ślizgowych do współpracy przy tarcu płynnym, w zależności od wartości tych parametrów. Pomiarów wykonywano na powierzchniach roboczych czopów wałów nowych, wałów poddanych demontażowi w procesie naprawy oraz wałów po regeneracji metodą szlifowania wykańczającego. Dla każdego z badanych czopów dokonano trzech pomiarów o długości odcinaka pomiarowego równego 4 mm – po jednym pomiarze w różnych odcinkach tworzącej czopa tj. w częściach skrajnych i części środkowej.

Wyniki

Na rysunkach 1 i 2 porównano średnie wartości parametrów chropowości Ra i Rz , oszacowane na podstawie wyników pomiarów wybranych wałów tj. wału nowego, wału po demontażu w naprawie (wał przed regeneracją szlifowaniem) oraz po szlifowaniu regeneracyjnym. Przetworzone wyniki dotyczą trzech różnych wałów uznanych za reprezentatywne dla poddanych badaniom grup części tj. wałów nowych, wałów przed i po ich regeneracji szlifowaniem. Wartości parametrów chropowości i odchyłeń standardowych, uzyskane dla poszczególnych czopów (głównych i korbowych) wału nowego, wskazują na bardzo starannie wykonaną obróbkę wykańczającą w procesie technologicznego wytwarzania. Jest to szczególnie charakterystyczne dla czopów głównych, gdzie stwierdzona zmienność wartości parametrów Ra i Rz wynosi odpowiednio $0,07 \div 0,16 \mu\text{m}$ i $0,58 \div 2,01 \mu\text{m}$. Wał przed regeneracją cechuje większa zmienność wyników pomiarów, która w przypadku czopów głównych odpowiada zakresowi wartości parametrów Ra i Rz , odpowiednio $0,08 \div 0,23 \mu\text{m}$ i $0,68 \div 1,93 \mu\text{m}$, a w przypadku czopów korbowych wynosi $0,04 \div 0,34 \mu\text{m}$ (dla Ra) i $0,31 \div 2,92 \mu\text{m}$ (dla Rz). Za szczególnie interesujący uznano fakt, że powierzchnie robocze czopów korbowych wału przed regeneracją (czopy 1, 3 i 4) charakteryzują się większą gładkością aniżeli czopów wału nowego. Oznacza to, że chropowości równowagowej powierzchni roboczych czopów mogą odpowiadać minimalne wartości parametrów Ra i Rz .

W celu obiektywnego rozstrzygnięcia czy chropowości powierzchni roboczych czopów badanych wałów istotnie się różnią w ocenie wyników badań stosowano testy statystyczne dla wyznaczonych wartości średnich parametrów Ra , Rz – wyniki testu t Studenta (test wykonywany przy równych wariancjach z prób) oraz Cohrana Coxa (test wykonywany dla istotnie różniących się wariancji z prób).

Rys. 1. Porównanie średnich wartości parametru R_a badanych wałówFig. 1. Comparison of the R_z parameter average values for examined shafts



Rys. 2. Porównanie średnich wartości parametru Rz badanych wałów

Fig. 2. Comparison of the Rz parameter average values for examined shafts

W przypadku powierzchni roboczych czopów poddanych szlifowaniu regeneracyjnemu stwierdzono, że oszacowane średnie wartości parametrów Ra i Rz wykazują największą zmienność wyników oraz są istotnie większe od wartości parametrów opisujących stan mikrogeometrii czopów wałów nowych i wałów przed ich regeneracją (przyjęty poziom istotności $\alpha=0,05$). Wskazuje to na nieprzystosowanie powierzchni roboczych czopów szlifowanych do przyjęcia pełnego zakresu obciążeń eksploatacyjnych od chwili rozpoczęcia fazy użytkowania.

Wnioski

Dotychczasowe wyniki badań stanowią o zasadności rozpatrywania stanu technicznego wałów korbowych oraz warunkowania zakresu operacji obsługowych, w zależności od indywidualnej oceny stanu mikrogeometrii wybranych czopów.

1. Stwierdzone, w przypadku wałów przed regeneracją, istotne różnice w wartościach parametrów chropowatości poszczególnych czopów stanowią przesłankę do wnioskowania o tym, że względy konstrukcyjne mogą warunkować tę zmienność. Zasadne jest podjęcie starań ukierunkowanych na dopracowanie technologii kształtowania i korygowania cech użytkowych czopów najbardziej narażonych na zużycie – przejście z bezimiennego na imienny system naprawy.
2. Wyniki badań wskazują na potrzebę wprowadzenia dodatkowej obróbki gładkościowej, korygującej stan chropowatości powierzchni roboczych czopów po regeneracji szlifowaniem.

Przedstawione w opracowaniu wyniki badań stanowią jedynie fragment dotychczas zgromadzonego materiału badawczego. Badania mikrogeometryczne, uzupełniane informacjami o stanach awaryjnych i analizą wymiarową węzła czop-panewka, są kontynuowane i w przyszłości posłużą do sformułowania bardziej szczegółowych wniosków.

Bibliografia

- Dreszczyk E., Wanke P., Wojdak J.** 1996. Umacnianie powierzchni roboczych węzłów kinematycznych ze szczególnym uwzględnieniem fazy docierania. *Inżynieria Powierzchni* 4. s. 47-53.
- Grieger A.** 2005. Wielokryterialna metod doboru maszyn do produkcji roślinnej. Rozprawy, Akademii Rolnicza w Szczecinie, Szczecin.
- Kombalow W.** 1974. Wlianie szepochowatosti twierdych tiel na trienie i iznos. Nauka, Moskwa.
- Kragielskij I.V., Dobyčın M.N., Kombalov V.S.** 1977. Osnovy rasčetov na trienie i iznos. Mašinostroenie, Moskva.
- Stawicki T.** 2006. Wpływ modyfikacji powierzchni roboczych na cechy użytkowe łożysk ślizgowych wybranych maszyn rolniczych. Rozprawa doktorska. Maszynopis. Szczecin.

BALANCE ROUGHNESS AS THE CRITERION FOR ASSESSMENT OF TECHNICAL CONDITION OF ENGINE CRANKSHAFTS IN FARM TRACTORS

Abstract. The authors of the paper intended to justify the need to seek solutions oriented to more complete utilization of farm machinery operating potential by modifying (in technical servicing processes) functional properties of working surfaces in nodes deemed to be critical. The analysis of operating conditions allowed to select for tests slide bearings determined to be representative. The researchers were verifying for them the potential for adaptation to demonstrated variability of forms and wear intensity.

Key words: balance roughness, operating potential, durability, reliability

Adres do korespondencji:

Tomasz Stawicki; e-mail: stawickit@agro.ar.szczecin.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI nr 1
71-459 Szczecin