

WPŁYW WIELOKROTNEGO ODTWARZANIA TECHNOLOGIĄ KLEJENIA POŁĄCZENIA TYPU WAŁ-PIASTA NA ZMIANY CHROPOWATOŚCI POWIERZCHNI ŁĄCZONYCH ELEMENTÓW

Paweł Sędłak

Institut Inżynierii Rolniczej, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Streszczenie. Uszkodzenie węzłów łożyskowych prowadzi do poważnych awarii oraz długotrwałych przestoju maszyn. Tradycyjne metody regeneracji uszkodzonych węzłów łożyskowych nie gwarantują prawidłowego odtworzenia połączenia spoczynkowego. Połączenia klejone mogą ułatwić proces naprawy połączeń spoczynkowych zapewniając jednocześnie pełną funkcjonalność węzła łożyskowego. Wielokrotnie odtwarzane połączenie klejone wymaga przygotowania powierzchni – najczęściej wykonywanego metodami mechanicznymi mającymi wpływ na chropowatość powierzchni łączonych elementów.

Słowa kluczowe: połączenie spoczynkowe, klejenie, chropowatość, demontaż, montaż

Wprowadzenie

Gospodarstwa rolne dysponują często maszynami i urządzeniami 15-letnimi i starszymi. Jest to spowodowane brakiem kapitału na zakup nowych maszyn oraz niskimi cenami produktów rolnych, co prowadzi do nieopłacalności produkcji. Stary park maszynowy wymaga częstych operacji naprawczych, które w celu obniżenia kosztów i z powodu braku jednostek obsługujących rolnictwo wykonuje sam użytkownik [Wójcicki 1999].

Opracowane dotychczas systemy napraw oraz metody regeneracji nie mogą być stosowane w indywidualnych gospodarstwach rolnych oraz w małych zakładach naprawczych. W celu wykonania naprawy uszkodzonych elementów takich jak np.: ścięty wpust, zatarte koło zębate, skręcony wał napędowy, pęknięty wał, zatarte łożysko itp. konieczne jest zdemontowanie całego układu kinematycznego, powiązanego z uszkodzonym elementem. Demontowane są również połączenia spoczynkowe (wciskane, wtlaczane, skurczowe, wpustowe, gwintowe) elementów osadzanych w ten sposób jak: koła pasowe, koła łańcuchowe, koła zębate, łożyska toczne, łożyska ślizgowe itp. [Dreszczyk i in. 1995].

Łożyska toczne oraz łożyska ślizgowe nie dzielone są osadzane najczęściej z wciskiem zapewniającym prawidłową ich pracę, jednak w wyniku zmiennych obciążeń, drgań całego zespołu dochodzi do mikroprzesunięć na powierzchni styku elementów i powstania frettingu. Powierzchnie osadzeń ulegają również uszkodzeniom w wyniku wielokrotnie prowadzonych prac demontażowo-montażowych. Niewielki ubytek materiału w obrębie połącze-

nia spoczynkowego powoduje nieprawidłową pracą całego urządzenia, naruszając strukturę mechanizmów i zespołów. Zużyciu ulega nie tylko samo łożysko ale również gniazdo osadce w obudowie jak i czop na wale. Należy uwzględnić, że zmiana parametrów chropowatości powierzchni już po jednokrotnym montażu i demontażu prowadzi do osłabienia połączenia i powstania innego pasowania, aniżeli zakładał konstruktor [Sędlak, Wojdak 2005].

Przeanalizowano dotychczas stosowane metody naprawy uszkodzeń powierzchni osadzeń połączeń spoczynkowych i stwierdzono, że są pracochłonne i trudne do wykonania przez zakład naprawczy. Wynika to z stosowanych obecnie technologii regeneracji gniazd i czopów, która oprócz nałożenia dodatkowej warstwy materiału wymaga też zastosowania również specjalistycznej obróbki mechanicznej (tolerancja wymiarów, kształtu, współosiowości). Regeneracja ta jest prowadzona jedynie w przypadku widocznych i znacznych ubytków materiału rodzimego. Regeneracja pasowań w gnieździe jest o wiele bardziej skomplikowana i dlatego bardzo często pomijana. Najczęściej w takich przypadkach stosowane są metody zastępcze nie gwarantujące prawidłowego połączenia spoczynkowego, a polegające np. na młotkowaniu lub napunktowaniu powierzchni osadce, podłożeniu miękkiego materiału, zastosowaniu wkładek sprężystych itp.

Wprowadzenie tworzyw sztucznych do odtwarzania połączeń spoczynkowych jest jedynie metodą pozwalającą na odtworzenie funkcjonalności układu bez nakładania dodatkowej warstwy materiału. Uzyskuje się to przez powstanie połączenia klejonego w strefie styku powierzchni łączonych i zamianę tradycyjnego połączenia spoczynkowego (odkształceń sprężysto-plastycznych) na połączenie wykorzystujące siły adhezji i kohezji tworzywa sztucznego.

Cel badań

Celem przeprowadzonych badań było sprawdzenie wpływu wielokrotnego procesu oczyszczania mechanicznego na zmiany chropowatości powierzchni elementów połączenia spoczynkowego typu wał-piasta. Dodatkowo sprawdzono wpływ rodzaju materiału czopa oraz gniazda na zmiany klasy chropowatości spowodowane kilkakrotnie przeprowadzonymi operacjami oczyszczania.

Materiały i metody badań

Badania przeprowadzono na odpowiednio przygotowanych czopach wykonanych ze stali 45 i gniazdach wykonanych ze stopu AK11. Przygotowano zestaw czopów oraz gniazd, w których luz pomiędzy pierścieniami łożyska tocznego o osadzeniu na wale i obudowie wynosił $\Delta d = 0,02$ mm. Chropowatość czopów oraz gniazd mieściła się odpowiednio w klasach R_a : 0,32; 0,63; 1,25; 2,5 μm . Jako przeciw próbkę zastosowano łożysko toczne 6204 ZZ. Do mocowania elementów użyto jednoskładnikowe tworzywo anaerobowe MH – 997–1 o statycznej wytrzymałości na ścinanie 34 [$\text{N}\cdot\text{mm}^{-2}$] oraz czasie utwardzania 8 godzin. Przy wyborze tworzywa uwzględniono podawane przez producenta szacunkowe parametry statycznej wytrzymałości na ścinanie, lepkości, maksymalnej szczeliny oraz czasu potrzebnego do osiągnięcia wytrzymałości ręcznej i wytrzymałości końcowej.

Analizowano wpływ wielokrotnego klejenia (przeprowadzono 10 operacji łączenia) tych samych elementów - montażu, a następnie demontażu - na zmianę chropowatości elementów łączonych. Stan mikrogeometrii powierzchni osadzeń kontrolowano za pomocą aparatu pomiarowego Hommel Tester T1000 E. Przy wielokrotnym wykorzystaniu tych samych próbek istniała konieczność usuwania utwardzonego tworzywa anaerobowego z powierzchni elementów. W tym celu wykorzystano metodę mechaniczną (papier ścierny o ziarnistości 500) oraz mycie w rozpuszczalniku (aceton techniczny). Po każdym procesie demontażu oraz oczyszczenia mechanicznego kontrolowano chropowatość oraz średnicę próbek.

Wszystkie próbki po sklejeniu pozostały w spoczynku co najmniej 48 godzin w temperaturze 20°C, po tym czasie proces polimeryzacji uznawano za zakończony. Następnie próbki były poddane ocenie organoleptycznej mającej na celu sprawdzenia poprawności wykonanej skleiny. Oględziny wykazały, że próbki były sklezione w sposób poprawny. Warstwa tworzywa była rozłożona równomiernie na całej szerokości łączonych powierzchni próbek oraz na całym obwodzie. Nie zaobserwowano wycieków tworzywa, a jego warstwa była cienka. Zakwalifikowane jako poprawnie wykonane próbki były demontowane na maszynie do badań wytrzymałościowych firmy INSTRON.

Wyniki badań

Cechą wspólną wszystkich próbek po zerwaniu była obecność tworzywa na czopach i na powierzchni gniazd. Spowodowane jest to wniknięciem tworzywa w nierówności powierzchni badanych elementów oraz dobrą adhezją. Było to szczególnie widoczne przy większych wartościach chropowatości. Wszystkie natomiast łożyska (pierścienie osadcze) miały na powierzchni jedynie śladowe ilości użytego tworzywa anaerobowego.

W tabeli 1 przedstawiono wyniki dotyczące średniej siły potrzebnej do demontażu pierścienia łożyska z gniazda. Jak wynika z osiągniętych rezultatów wraz ze wzrostem chropowatości powierzchni gniazda osadczego rośnie wartość siły potrzebnej do zdemontowania.

Tabela 1. Wartość siły zrywającej połączenie klejone pomiędzy gniazdem a łożyskiem
Table 1. Value of force breaking off glued joint between seat and bearing

Chropowatość R_a [μm]	Połączenie gniazdo - łożysko	
	Średnia siła zrywająca [kN]	Odchylenie standardowe [kN]
2,37	23,88	2,1739
1,28	23,18	1,7411
0,68	19,96	2,0690
0,35	19,64	1,8348

Źródło: opracowania własne autora

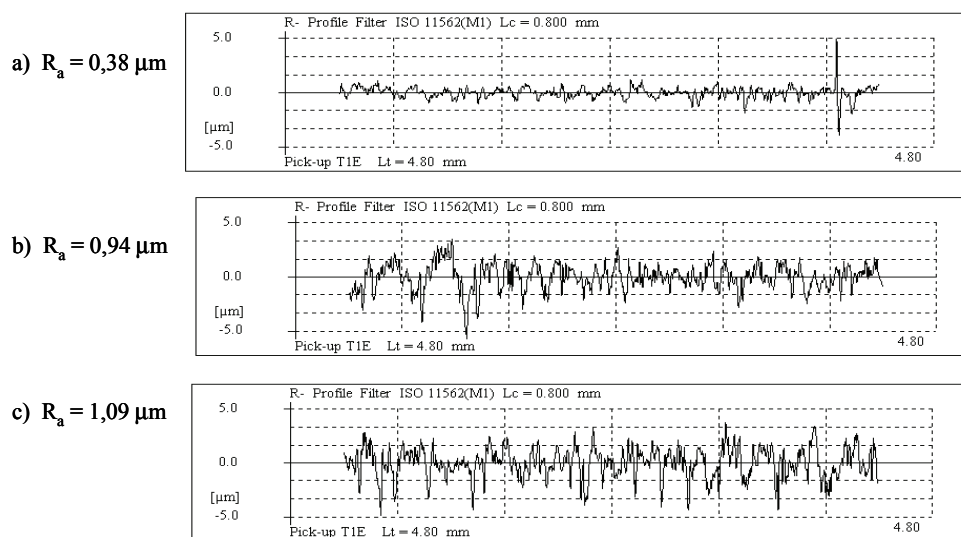
Natomiast w tabeli 2 przedstawiono zmianę chropowatości powierzchni czopa i gniazda dla kolejno pierwszego, piątego i ostatniego procesu przygotowania powierzchni w sposób mechaniczny do procesu klejenia.

Tabela 2. Zmiana chropowatości gniazd oraz czopów wraz z kolejnymi procesami montażu i demontażu
 Table 2. Change in roughness of seats and pins following successive assembly and disassembly processes

Kolejny montaż i demontaż	Chropowatość czopa Ra [μm]				Chropowatość gniazda Ra [μm]			
	Stan wyjściowy	0,36	0,67	1,30	2,60	0,40	0,71	1,28
1	0,42	0,68	1,25	2,47	0,55	0,93	1,40	2,65
5	0,43	0,68	0,90	1,45	0,99	1,45	1,42	1,50
10	0,60	0,69	0,89	1,20	1,38	1,55	1,60	1,70

Źródło: opracowania własne autora

Zmiany profilu chropowatości gniazda wykonanego ze stopu AK11 wynikające z jednokrotnego procesu montażu i demontażu przedstawia rys. 1. Na profilach chropowatości można zaobserwować nieznaczny wzrost chropowatości powierzchni gniazda.



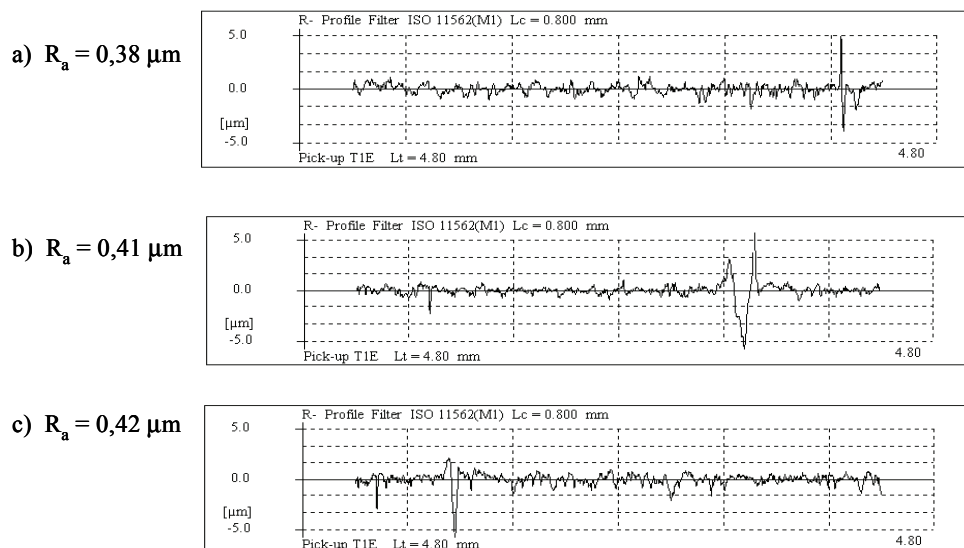
Źródło: opracowania własne autora

Rys. 1. Zmiana profilu chropowatości gniazda wykonanego ze stopu AK11 a) chropowatość wyjściowa, b) chropowatość po zerwaniu bez oczyszczenia mechanicznego, c) chropowatość po procesie oczyszczenia mechanicznego

Fig. 1. Change in roughness of seat made of AK11 alloy during tests: a) initial roughness, b) roughness after five mechanical cleaning processes, c) roughness after mechanical cleaning process

Wpływ wielokrotnego odtwarzania...

Na rysunku 2 przedstawiono zmianę parametru chropowatości gniazda wykonanego ze stopu AK11 przy kolejnych procesach demontażu. W wyniku prowadzonych prac demontażowych oraz oczyszczania mechanicznego uległa zmianie chropowatość gniazda osadczego.



Źródło: opracowania własne autora

Rys. 2. Zmiana chropowatości gniazda wykonanego ze stopu AK11 w trakcie badań: a) chropowatość wyjściowa, b) chropowatość po pięciu procesach oczyszczania mechanicznego, c) chropowatość po dziesięciu procesach oczyszczania mechanicznego

Fig. 2. Change in roughness of seat made of AK11 alloy during tests: a) initial roughness, b) roughness after five mechanical cleaning processes, c) roughness after ten mechanical cleaning processes

Pięciokrotnie przeprowadzony demontaż i przygotowanie mechaniczne powierzchni do procesu klejenia spowodowało zmianę chropowatości powierzchni gniazda osadczego o jedną klasę. Natomiast kolejne procesy nie spowodowały zmiany już osiągniętej klasy chropowatości dla tej próbki.

Jednak analizując wszystkie próbki dla gniazd osadczych stwierdzono, że chropowatość po dziesięciu procesach demontażu i przygotowania mechanicznego spowodowało ustalenie się chropowatości dla wszystkich próbek w klasie od $1,25 \mu\text{m}$ do $2,5 \mu\text{m}$ niezależnie od chropowatości wyjściowej. Dla czopów zaobserwowano zmianę chropowatości powierzchni w granicach od $0,60 \mu\text{m}$ do $1,20 \mu\text{m}$. Tak więc wykorzystanie metody mechanicznego przygotowania powierzchni wpływa na stan powierzchni elementów w procesie wielokrotnego klejenia.

Wnioski

Na podstawie uzyskanych wyników badań stwierdzono przydatność tworzyw anaerobowych do odtwarzania uszkodzonych połączeń spoczynkowych w węzłach łożysk ślizgowych i tocznych, osadzeń kół pasowych itp. Tworzywo wykorzystane do mocowania uzupełniło niedobór materiału rodzimego i stworzyło trwałe połączenie spoczynkowe odpowiadające tradycyjnemu połączeniu wciskowemu.

1. Sposób oczyszczenia i przygotowania powierzchni do klejenia nie spowodował istotnych zmian chropowatości pierścieni osadzących łożyska tocznego wykorzystanego w badaniach.
2. Kilkakrotne oczyszczenie powierzchni łączonych, w sposób mechaniczny spowodowało zmianę chropowatości powierzchni gniazd. Parametr R_a ustalił się w zakresie od $1,38 \mu\text{m}$ do $1,70 \mu\text{m}$.
3. Wprowadzenie materiałów z tworzyw sztucznych do rozłącznych połączeń spoczynkowych (właczanych, gwintowych, kształtowych) jest rozwiązaniem umożliwiającym wielokrotne odtwarzanie funkcjonalności często demontowanego i montowanego układu bez straty w jakości odtwarzanego połączenia.
4. Warunkiem prawidłowego zastosowania tej technologii w procesie naprawy jest przygotowanie konstrukcji do jej zastosowania już w procesie produkcyjnym.

Bibliografia

- Dreszczyk E.** i in. 1995. Regeneracja części jako źródło informacji i postępu w budowie maszyn. Regeneracja '95. Bydgoszcz. s. 61-66.
- Sędlak P., Wojdak J.** 2005. Odtwarzanie funkcjonalności połączenia spoczynkowego łożysk tocznych. Inżynieria Rolnicza Nr 4 Kraków. s. 235-241.
- Wójcicki Z.** 1999. Struktura agrarna i struktura ciągników rolniczych w Polsce obecnie i w perspektywie do 2025r. Konferencja naukowa „Motrol 99”. Lublin. s. 35-44.

THE IMPACT OF REPEATED RESTORING OF SHAFT-HUB TYPE JOINT USING GLUING TECHNOLOGY ON CHANGES IN SURFACE ROUGHNESS OF JOINED ELEMENTS

Abstract. Change in roughness of seats and pins with successive assembly and disassembly processes. Damage of bearing joints leads to serious breakdowns and prolonged machinery down-time. Conventional methods for recovery of damaged bearing joints do not guarantee correct restoring of permanent joint. Glued joints may facilitate repair process for permanent joints, at the same time ensuring complete bearing joint functionality. Repeatedly restored glued joint requires proper surface preparation – most often carried out using mechanical methods affecting surface roughness of joined elements.

Key words: permanent joint, gluing, roughness, assembly, disassembly

Adres do korespondencji:

Paweł Sędlak; e-mail: pawel.sedlak@zut.edu.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI 3
71-459 Szczecin