

BADANIA WARTOŚCI MOMENTU ODKRĘCANIA POŁĄCZEŃ GWINTOWYCH ZABEZPIECZONYCH ŚRODKAMI CZASOWEJ OCHRONY ANTYKOROZYJNEJ

Czesław Rzeźnik, Piotr Rybacki

Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Praca przedstawia badania wartości momentu odkręcania połączeń gwintowych zabezpieczonych środkami czasowej ochrony antykorozyjnej i umieszczonych w charakterystycznych środowiskach pracy maszyn rolniczych. Przeprowadzono również ocenę i analizę statystyczną jakości zabezpieczenia dla poszczególnych środków, oraz jej wpływu na wartości momentu odkręcania i łatwość demontażu maszyny rolniczej.

Słowa kluczowe: korozja, demontaż, maszyny rolnicze

Wprowadzenie

Połączenia gwintowe w procesie eksploatacji maszyn rolniczych narażone są na działanie różnego rodzaju niekorzystnych warunków, których wynikiem jest korozja. Produkty korozji charakteryzują się zwykle wielokrotnie większą objętością od materiału części połączenia. Większy jest też współczynnik tarcia, co prowadzi do blokady połączenia i wzrostu wartości momentu odkręcania. Wynikiem korozji jest także ubytek materiału i osłabienie części połączenia. Korozja zewnętrznych powierzchni nakrętki lub łba śruby prowadzi do zmniejszenia ich wymiarów geometrycznych, co sprawia, że przy odkręcaniu wzrastają naciski klucza na powierzchnie przyłożenia powodując często ich uszkodzenie. Korozji w połączeniu gwintowym ulegają też powierzchnie styku nakrętki lub łba śruby z łączonymi częściami [Rzeźnik 1995]. W czasie pracy połączeń gwintowych występuje wiele innych, niekorzystnych dla ich demontażu zjawisk, do których należą: wypalanie się samaru w połączeniu pracującym w wysokiej temperaturze, odkształcenia części będące wynikiem eksploatacji i inne [Rzeźnik, Rybacki 2003]. Podobne działanie mają zanieczyszczenia w postaci pyłów, szczególnie ziarenka kwarcu, które podczas pracy maszyn rolniczych wnikają do wnętrza połączenia. W celu zapewnienia łatwego demontażu maszyn i niezawodnej ich pracy, połączenia gwintowe winny być zabezpieczone przed negatywnym wpływem środowiska. Stosowanych może być kilka metod [Rzeźnik, Rybacki 2004]. Jedną z nich jest zabezpieczanie poszczególnych części połączenia na etapie ich produkcji. Należą do nich cynkowanie, kadmowanie, fosforowanie i czernienie. Drugą grupą metod jest zabezpieczanie powierzchni gwintów współpracujących śruby i nakrętki w czasie montażu. Praktyka wykazuje, że zastosowanie tych zabezpieczeń do ochrony antykorozyjnej elementów połączeń gwintowych pozwala na dobrą ich pracę oraz ułatwia

demontaż w czasie przeprowadzanej obsługi technicznej. Obserwuje się wówczas osiągnięcie zbliżonej do wartości dopuszczalnej momentu dokręcania, wartości momentu odkręcania połączeń gwintowych. Spostrzeżenia te jednak nasuwają pytanie. Jaka wartość ma maksymalny moment odkręcania przy demontażu połączeń eksploatowanych długi okres czasu w warunkach charakterystycznych pracy maszyn rolniczych i jaka jest skuteczność zabezpieczeń dla tych warunków? Udzielenie odpowiedzi na tak postawione pytania ma znaczenie poznawcze, a przede wszystkim praktyczne w obsłudze technicznej maszyn rolniczych.

Cel pracy

Głównym parametrem określającym łatwość demontażu połączeń gwintowych jest wartość momentu odkręcania. Jest ona zależna w dużej mierze od warunków eksploatacji połączenia, jego rodzaju oraz stopnia i jakości zabezpieczenia antykorozyjnego. Dlatego za celowe uznano przeprowadzenie badań empirycznych operacji demontażu połączeń gwintowych, zabezpieczonych środkami czasowej ochrony antykorozyjnej.

Materiał i metody

Uzyskanie tych informacji, nie jest możliwe w wyniku badań symulacyjnych. Brak jest w dostępnej literaturze modelu matematycznego i algorytmu opisującego proces odkręcania takich połączeń. Budowa modelu dedukcyjnego jest utrudniona, ponieważ czynniki wpływające na proces są trudne do zidentyfikowania oraz liczbowego wartościowania, co jest podstawą budowy modeli naukowych. Jedyną metodą uzyskania informacji jest przeprowadzenie badań empirycznych operacji demontażu połączeń gwintowych, zabezpieczonych środkami czasowej ochrony antykorozyjnej.

Do badań wykorzystano śruby maszynowe M10, które są szeroko wykorzystywane w budowie maszyn rolniczych. Elementami łączonymi były dwie blachy ze stali St3, o łącznej grubości 4 mm. Połączenia montowano, dokręcając je momentem o wartości 31,1 Nm, która jest dopuszczalną wartością dla tego połączenia, według normy PN-81/82056. Do badań wybrano połączenia gwintowe dwóch rodzajów. Pierwszy był bez żadnych zabezpieczeń, natomiast drugi posiadał fabryczne zabezpieczenie antykorozyjne w postaci cynkowej powłoki metalicznej. Następnie każdy rodzaj podzielono na cztery grupy. Trzy grupy, w obrębie danego rodzaju, zabezpieczono w czasie montażu środkiem ochrony antykorozyjnej, natomiast jedna grupa, kontrolna takiego zabezpieczenia nie posiadała. Kryterium doboru rodzaju zabezpieczeń antykorozyjnych była przydatność w warunkach eksploatacji maszyn rolniczych oraz dostępność tych środków na rynku. Wybrano trzy rodzaje preparatów: tj.: Loctite 243, Chester Molecular B12, MoTip. Zmontowane próbki umieszczono w warunkach charakterystycznych dla eksploatacji maszyn rolniczych. Były to: atmosfera, gleba, pomieszczenie inwentarskie, obornik i kiszonka z kukurydzy. W każdym środowisku umieszczono po 20 sztuk próbek z każdej grupy i przechowywano je w tych warunkach przez okres jednego roku. Następnie połączenia demontowano, mierząc wartość maksymalnego momentu odkręcania. Pomiary momentu

demontażu poszczególnych połączeń gwintowych wykonano przy odkręcaniu ręcznym, z wykorzystaniem elektronicznego klucza dynamometrycznego. Następnie połączenia montowano ponownie, stosując odpowiedni dla danej grupy środek antykorozyjny i dokręcając z dopuszczalnym momentem. Tak przygotowane próbki umieszczono w ich środowiskach na kolejne cztery lata, po których dokonano demontażu i ponownego pomiaru momentu odkręcania.

Wyniki badań i dyskusja

Otrzymane wartości momentów odkręcania po roku opracowano statystycznie, wykorzystując w tym celu program „STATISTICA™ PL”. Obliczono średnie wartości momentów odkręcania połączeń gwintowych dla odpowiednich warunków pracy i rodzajów zabezpieczeń antykorozyjnych, oraz przeprowadzono analizę wariancji. Aby określić wpływ rodzaju zabezpieczeń antykorozyjnych, w różnych warunkach pracy, na wartości maksymalnego momentu odkręcania połączeń gwintowych, korzystano z testu Duncana [Volk 1965; Żuk 1989], i określono, które różnice między średnimi można uznać za statystycznie istotne. Z porównania średnich wartości momentu odkręcania wynika, że na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, najwięcej statystycznie istotnych różnic pomiędzy średnią wartością momentu odkręcania, a dopuszczalną wartością momentu dokręcania zaobserwowano w środowisku atmosfery. Szczególnie dla połączeń ocynkowanych. Może to świadczyć, w porównaniu z pozostałymi środowiskami, o najmniejszej jego agresywności. Z przeprowadzonej analizy wynika również, że najwięcej statystycznie istotnych różnic pomiędzy momentem dokręcania, a momentem odkręcania wystąpiło dla śrub bez jakiegokolwiek ochrony antykorozyjnej, oraz pomiędzy średnimi wartościami momentów odkręcania po rocznym okresie przebywania w charakterystycznych środowiskach. Z kolei najmniej istotnych różnic pomiędzy tymi momentami wykazywały połączenia zabezpieczone środkami Loctite i Chester Molecular B12, co może świadczyć o wysokiej ich skuteczności. Szczegółowe wyniki tego etapu badań zamieszczono w pracy [Rzeźnik, Rybacki 2005]. Głównym wnioskiem płynącym z pierwszego etapu badań było, iż wartość maksymalnego momentu demontażu połączenia gwintowego jest funkcją warunków ich eksploatacji i w dużej mierze zależna od agresywności środowiska pracy oraz od sposobu zabezpieczenia (tabela 1).

W drugim etapie badań demontowano połączenia po czteroletnim okresie eksploatacji. Połączenia, te niezależnie od środowiska miały, widoczne na zewnętrznych powierzchniach intensywne zabrudzenia i produkty korozji, które przed przystąpieniem do badań zostały usunięte szczotką drucianą. Po oczyszczeniu nie zaobserwowano jakichkolwiek ubytków korozyjnych w połączeniach ocynkowanych. Połączenia bez zabezpieczeń antykorozyjnych miały widoczne ogniska korozji. Odkręcanie przeprowadzono ręcznie przy użyciu elektronicznego klucza dynamometrycznego. Wyniki badań w drugim etapie doświadczenia były zaskakujące i niepotwierdzające postawionej hipotezy badawczej. W pierwszej fazie pomiaru udawało się wprowadzić nakrętkę w ruch przy bardzo dużej wartości momentu odkręcania, równej w przybliżeniu trzykrotnej wartości dopuszczalnego momentu dokręcania. Po obrocie nakrętki o 0,5 - 1,5 obrotu moment znacznie wzrastał, co przy kontynuacji odkręcania prowadziło do zerwania śruby, w wyniku wzrostu naprężeń

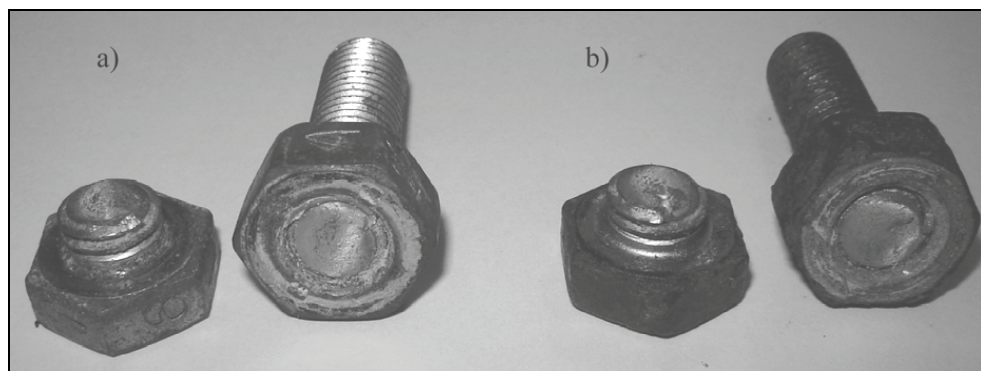
skręcających powyżej granicy dopuszczalnej. Obserwacja zerwanej śruby pozwalała stwierdzić, że odsłonięty, w wyniku częściowego odkręcenia, fragment gwintu śruby nie miał śladów zużycia korozyjnego. Pomiędzy gwintem śruby i nakrętki wyraźnie było widoczne częściowo przebarwione zabezpieczenie z tworzywa sztucznego. Także rdzeń śruby po zerwaniu nie wykazywał żadnych wad materiałowych, ani korozji międzykrystalicznej, rys. 1. Wynika stąd, że te zjawiska nie były przyczyną zerwania śruby.

Tabela 1. Wyniki pomiarów wartości momentu odkręcania, M_d' i dopuszczalnej wartości momentu dokręcania, $M_d = 31,1 \text{ Nm}$,

Table 1. Measurement results for unscrewing moment values, M_d' , and permissible tightening torque values, $M_d = 31.1 \text{ Nm}$

Fabryczne zabezpieczenie	Środowisko Rodzaj Zabezpieczenia	Obornik		Kiszonka		Pomieszczenie		Gleba		Atmosfera	
		M_d' [Nm]	Różnica	M_d' [Nm]	Różnica	M_d' [Nm]	Różnica	M_d' [Nm]	Różnica	M_d' [Nm]	Różnica
Czarna	Bez zabezpieczenia	34,8	1	37,8	1	34,6	1	34,3	1	31,5	0
	Loctite 243	35,9	1	38,9	1	34,7	1	34,9	1	36,4	1
	Chester Molecular B12	37,0	1	38,4	1	34,7	1	33,9	1	34,9	1
	Motip	35,4	1	42,7	1	34,5	1	34,4	1	29,7	0
Ocynkowana	Bez zabezpieczenia	36,2	1	36,2	1	34,3	1	33,0	0	32,1	0
	Loctite 243	38,5	1	36,7	1	35,1	1	36,8	1	34,7	1
	Chester Molecular B12	36,2	1	38,9	1	34,9	1	37,1	1	37,3	1
	Motip	32,8	0	35,4	1	34,9	1	31,3	0	30,9	0

1 – różnica istotna, essential difference; 0 – różnica nieistotna, inessential difference



Rys. 1. Połączenie gwintowe uszkodzone w czasie demontażu: a) ocynkowane, b) czarne

Fig. 1. Screw joint damaged during disassembly a) zinc plated, b) unprotected

Jedynym racjonalnym, choć bardzo ogólnym, wytłumaczeniem tego procesu jest wzrost tarcia wewnętrznego w warstwie zabezpieczającej z tworzywa sztucznego po utracie spójności jego struktury, pod wpływem naprężeń ścinających, będących efektem działania momentu odkręcania. Starzenie tworzyw sztucznych, a także ich korozja w różnych środowiskach było przedmiotem wielu badań i ich mechanizm oraz skutki są szeroko publikowane. Zaobserwowane zjawisko wymaga badań w celu zrozumienia jego istoty i przeciwdziałania negatywnym skutkom. Należy zaznaczyć, że wszystkie stosowane zabezpieczenia antykorozyjne funkcjonowały analogicznie.

Demontaż połączeń niezabezpieczonych, żadnym środkiem czasowej ochrony antykorozyjnej również był nie możliwy. Po wykonaniu 0,5-1,5 obrotu nakrętki następowało zerwanie rdzenia śruby. W tej grupie połączeń jednak, pomiędzy gwintem nakrętki i śruby widoczne były wyraźne ślady korozji.

W celu rozluźnienia produktów korozji i ułatwienia demontażu połączeń zastosowano środek WD 40. Preparat ten, według danych producenta, jest przeznaczony do rozpuszczania produktów korozji i rozluźniania połączeń. Wybrano z każdego środowiska po dwie grupy próbek i zaaplikowano środek. Pierwszą grupę demontowano po godzinie działania środka, drugą grupę natomiast demontowano po upływie 48 godzi. Jednak zarówno w pierwszej, jak i w drugiej grupie połączeń nie zaobserwowano wyraźnej zmiany parametrów demontażu.

Podsumowanie i wnioski

Studia literaturowe, wykonane badania wartości momentu odkręcania oraz ich analiza pozwalają na sformułowanie następujących wniosków:

1. Stosowane w badaniach zabezpieczenia przed korozją połączeń gwintowych w postaci nanoszonych warstw z tworzyw sztucznych na gwint śruby przed demontażem dobrze spełniają swą rolę w krótkim okresie czasu, (do roku) w agresywnych rolniczych środowiskach. Po tym okresie nie występują zmiany korozyjne gwintu a maksymalny ich moment odkręcania mieści się w dopuszczalnych granicach.
2. Tak samo zabezpieczone połączenia eksploatowane przez cztery lata w analogicznych środowiskach nie mogą być zdemontowane. Próby ich demontażu i związane z tym wzrost momentu odkręcania prowadzi do zerwania rdzenia śruby.
3. Naukowego wyjaśnienia wymaga zachowanie się zabezpieczenia z tworzywa sztucznego po utracie spójności jego cząstek i związany z tym wzrost współczynnika tarcia wewnętrznego.

Bibliografia

- Rzeźnik C.** 1995. Proces demontażu maszyn rolniczych w systemie ich obsługi technicznej. Rozprawy Naukowe nr 259, Wyd. Akademii Rolniczej Poznań. ISBN 83-86363-53-3.
- Rzeźnik C., Rybacki P.** 2003. Moment odkręcania połączeń gwintowych jako parametr podatności maszyn rolniczych na recykling. Inżynieria Rolnicza. Nr 8. s. 377-383.
- Rzeźnik C., Rybacki P.** 2005. Skuteczność nowoczesnych zabezpieczeń antykorozyjnych połączeń gwintowych w środowiskach pracy maszyn rolniczych. Acta Scientiarum Polonorum, Technika Agraria, 4(2). s. 3-9.

- Volk W.** 1973. Statystyka stosowana dla inżynierów, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, ISBN 83-86644-25-7.
- Żuk B.** 1989. Biometria stosowana. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa.
- Chester Molecular 2005. Kleje i uszczelniacze anaerobowo-stykowe – katalog firmowy.
- Loctite BU 2006. Utrzymanie i konserwacja urządzeń mechanicznych – katalog firmowy.
- MoTip 2005: Spraye smarujące – katalog firmowy.
- PN-81/M-82056. Połączenia gwintowe stalowe. Dopuszczalne momenty odkręcania.

EXAMINATION OF UNSCREWING MOMENT VALUES FOR SCREW JOINTS PROTECTED WITH TEMPORARY ANTICORROSIVE PROTECTION AGENTS

Abstract. The paper presents examination of unscrewing moment values for screw joints protected with temporary anticorrosive agents, and located in characteristic work environments for farm machines. Moreover, the research involved assessment and statistic analysis of protection quality for individual agents, and its impact on unscrewing moment values and easiness of farm machine disassembly.

Key words: corrosion, disassembly, farm machines

Adres do korespondencji:

Czesław Rzeźnik; e-mail: rzeznik@au.poznan.pl
Instytut Inżynierii Rolniczej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Wojska Polskiego 50
60-625 Poznań