

BADANIA FUNKCJONALNOŚCI SYSTEMÓW TORX ORAZ XZN W PROCESIE NAPINANIA POŁĄCZEŃ ŚRUBOWYCH

Mariusz Łoboda, Adam Krysztofiak, Zbigniew Dworecki
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Streszczenie. Producenci sprzętu rolniczego, podążając za powszechną tendencją w złączach śrubowych, coraz powszechniej wprowadzają nowe kształty łbów śrub i wkrętów. Niniejsza praca dotyczy wstępnych badań wytrzymałości kontaktowej nowych rozwiązań konstrukcyjnych łbów śrub i współpracujących narzędzi. Przedmiotem badań są śruby o klasach własności mechanicznych stosowanych w typowych odpowiedzialnych połączeniach śrubowych (głowice silników, korbowody, itp.).

Słowa kluczowe: śruby głowicowe, wytrzymałość kontaktowa, klucz trzpieniowy, klucz nasadowy

Wprowadzenie

Łączniki śrubowe zaliczane do połączeń gwintowych są jednym z częściej stosowanych rozwiązań łączenia elementów maszyn, w tym maszyn rolniczych [Osiński 2002]. Poprawność pracy łączników śrubowych związana jest bezpośrednio z procesem montażu [Matzke 1979], odbywającym się przy pomocy odpowiednich narzędzi. Do niedawna podstawowe elementy łączników – śruby – wykonywane były w sposób niezmienny od wielu lat, głównie z łbami sześciokątnymi. Dokręcanie takich połączeń realizowane jest za pomocą kluczy płaskich, oczkowych lub nasadowych sześć- lub dwunastokątnych. Kilkadziesiąt lat temu upowszechniły się łby walcowe z gniazdem sześciokątnym (tzw. inbusy) wymagające innego – trzpieniowego (w kształcie pręta sześciokątnego) rodzaju klucza.

W ostatnich latach, w wyniku doskonalenia technologii obróbki plastycznej, można zaobserwować dynamiczne wprowadzanie nowych kształtów dla przekazywania momentu skręcającego pomiędzy kluczem a łbem śruby. Jednym z nowoczesnych rozwiązań jest kształt Torx (tzw. „gwiazdka 6-kątna”) - rys. 1, którego konstrukcyjną realizacją są łby o kształcie Torx zewnętrznym lub gnieździe wewnętrznym. Do dokręcania tych śrub stosuje się odpowiednio ukształtowane klucze trzpieniowe i nasadowe (oznaczane T i E).



Rys. 1. Standard Torx (od lewej: kształt, klucz trzpieniowy T, klucz nasadowy E)
Fig. 1. Standard Torx (from the left: shape, socket screw key T, tubular spanner E)

Pewną modyfikacją kształtu Torx jest wersja gniazda z bolcem, dla którego wymagane są klucze trzpieniowe z osiowym otworem – oznaczane TX (rys. 2).



Rys. 2. Kształt Torx TX
Fig. 2. Torx TX shape

Kolejną „generacją” kształtów gniazd w łbach śrub (głównie głowicowych) są „gwiazdki 12-kątne”, dla których wprowadzono standard XZN (rys. 3).



Rys. 3. Standard XZN (od lewej: kształt, klucz trzpieniowy M)
Fig. 3. XZN standard (from left: shape, bit wrench T)

Według producentów motywem wprowadzenia nowych kształtów współpracy łbów śrub (wkrętów) i dokręcających je odpowiednich kluczy jest polepszenie wytrzymałości kontaktowej połączenia. Wydaje się, że nie bez znaczenia są również względy marketingowe mające na celu utrudnienie przeciętnemu użytkownikowi samodzielnego wykonywania drobnych regulacji i napraw. Ograniczenie dostępności wymaganych narzędzi „skazuje go” każdorazowo na zakup usługi w autoryzowanym serwisie, posiadającym (przynajmniej w początkowym okresie) monopol na specjalistyczne i drogie oprzyrządowanie. Oczywi-

ście z czasem wolnorynkowa gospodarka „wypełnia” te luki, najczęściej równolegle przez wielu producentów, i narzędzia te stają się ogólnodostępne – stąd koncepcje kolejnych modyfikacji.

Obecnie na rynku znajduje się wielu producentów narzędzi w standardach Torx i XZN, z których każdy zapewnia o ich odpowiednich właściwościach wytrzymałościowych. Ponieważ producenci nie udostępniają danych dotyczących swoich wyrobów, a brak jest obowiązujących norm w tym zakresie, celowym było przeprowadzenie badań weryfikujących funkcjonalność tych rozwiązań konstrukcyjnych do dokręcania odpowiedzialnych połączeń śrubowych.

Przedmiot badań

Standard Torx dla łbów śrub i wkrętów staje się coraz powszechniejszy w szerokiej gamie zastosowań technicznych, jednak pełne wykorzystanie wytrzymałości kontaktowej tego rozwiązania sprawdzane jest przy dokręcaniu odpowiedzialnych połączeń śrubowych, tzn. śrub głowicowych, śrub korbodowych, w układach: zawieszania, hamulcowych, kierowniczych, itp. Wprowadzany w motoryzacji ostatnio standard XZN również stosowany jest głównie w mocowaniu głowic. Dlatego też w badaniach jako elementy dokręcane przyjęto śruby głowicowe (tabela 1) współpracujące z odpowiednimi narzędziami. Z dostępnych na rynku firm narzędziowych wybrano dwóch producentów: TONA oraz KINGTONY (rys. 4).

Tabela 1. Rodzaje śrub będące przedmiotem badań
Table 1. Types of the investigated bolts

Gwint śruby	Klasa własności mechanicznych	Rodzaj łba śruby	Narzędzie współpracujące
M10	12.9	TORX	klucz nasadowy E12
M10 x 1,25	10.9	TORX	klucz nasadowy E12
M11 x 1,5	8.8	XZN	klucz trzpieniowy M12
M12	10.9	XZN	klucz trzpieniowy M12

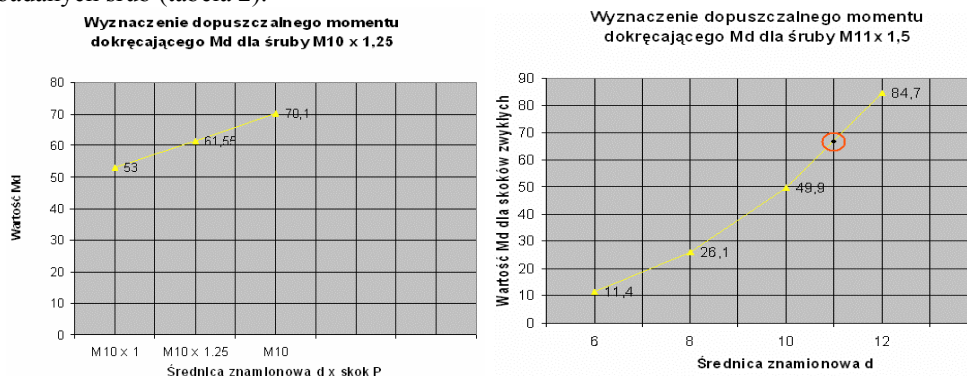


Rys. 4. Badane narzędzia (od lewej): klucz nasadowy E12 - TONA, klucz nasadowy E12 - KINGTONY, klucz trzpieniowy M12 – TONA i klucz trzpieniowy M12 - KINGTONY

Fig. 4. Investigated tools (from left): socket wrench E12 – TONA, socket wrench E12 – KINGTONY, bit wrench M12 – TONA, bit wrench M12 - KINGTONY

Metodyka badań

Przed przystąpieniem do badań należało ustalić wartości dopuszczalnych momentów dokręcających M_d dla wybranych rodzajów śrub. Oparto się o wycofaną już normę PN-81/M-82056, która podawała wartości w poszczególnych klasach własności mechanicznych [PN-EN ISO 898-1:2001], niestety tylko dla typowych wymiarów gwintów. Brakujące dane, np. dla gwintów M10 x 1,25 oraz M11 x 1,5 interpolowano (rys. 5). Działania te pozwoliły określić graniczne wartości momentów dokręcających M_d dla wszystkich badanych śrub (tabela 2).



Rys. 5. Wyznaczenie dopuszczalnych momentów dokręcających: dla śruby M10 x 1,25 w oparciu o dane dla śrub M10 x 1 oraz M10 (po lewej); dla śruby M11 x 1,5 w oparciu o dane dla śrub M6, M8, M10 i M12 (po prawej)

Fig. 5. Establishing admissible tightening moments: for M10 x 1,25 bolt on the basis of the data for M10 x 1 and M10 bolts (on the left), for M11 x 1,5 bolt on the basis of the data for M6, M8, M10 and M12 bolts (on the right)

Tabela 2. Dopuszczalne momenty dokręcające dla badanych śrub
Table 2. Admissible tightening moments for the investigated bolts

Gwint śruby	Klasa własności mechanicznych	Wartość momentu M_d [Nm]
M10	12.9	84,2
M10 x 1,25	10.9	61,6
M11 x 1,5	8.8	67,3
M12	10.9	119,0

Do zadawania określonych wartości momentów dokręcających użyto klucza dynamometrycznego typu BELZER IZO-M 200 o zakresie od 20 do 200 Nm, działce elementarnej 0,01 Nm. Klucz posiada możliwość deklarowania wartości granicznej M_d , zakresu pola tolerancji i zapamiętywania wyników. Informacja o uzyskaniu zadanej wartości M_d przekazywana jest w sposób wizualny (cyfrowy wyświetlacz i diody), wibracyjny oraz dźwiękowy.

Unieruchomione śruby obciążano momentem skręcającym (poprzez odpowiednią końcówkę nasadową lub trzpieniową) począwszy od ok. 60% wartości dopuszczalnego momentu M_d , kolejno zwiększając jego wartości o 20 Nm. Każdorazowo fotografowano powierzchnie współpracy łeb – narzędzie, rejestrując ewentualne zmiany. Górny zakres wartości ograniczony był wytrzymałością zastosowanego klucza dynamometrycznego (200 Nm), co w przypadku śrub M12–10.9 wyniosło ok. 170% wartości dopuszczalnej. Badania przeprowadzono uwzględniając powtórzenia dla narzędzi obu producentów.

Wyniki

W tabeli 3 przedstawiono uzyskane maksymalne wartości momentów dokręcających $M_{d\ max}$ dla poszczególnych kombinacji łbów śrub i kluczy.

Tabela 3. Wartości maksymalnych momentów dokręcających $M_{d\ max}$

Table 3. Values of the maximum tightening moments $M_{d\ max}$

Śruba	Narzędzie współpracujące	Maksymalna uzyskana wartość momentu $M_{d\ max}$ *[Nm]	$\frac{M_{d\ max}}{M_d} \cdot 100\%$
M10-12.9	E12 TONA	114,6	136,1
	E12 KINGTONY	112,4	133,5
M10 x 1,25-10.9	E12 TONA	104,2	169,2
	E12 KINGTONY	110,7	179,7
M11 x 1,5-8.8	M12 TONA	111,1	165,1
	M12 KINGTONY	110,6	164,3
M12-10.9	M12 TONA	165	138,6
	M12 KINGTONY	165	138,6

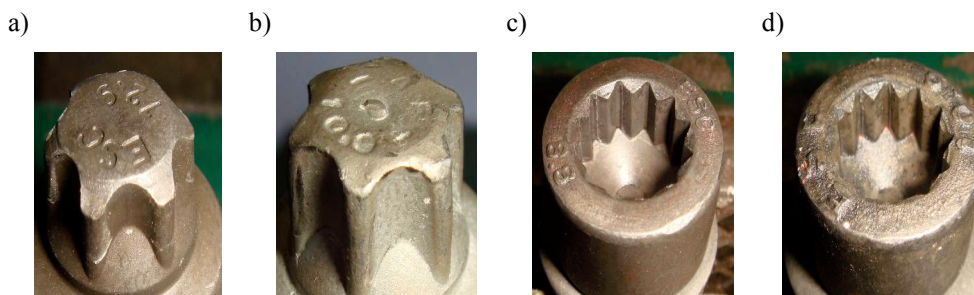
Źródło: badania i obliczenia własne autorów

* W badaniach uczestniczył student Marek Zieliński

We wszystkich badanych przypadkach graniczna wartość momentu $M_{d\ max}$ wynikała z przekroczenia wytrzymałości trzpienia śrub na skręcanie. Wówczas analizie poddawano stan powierzchni [PN-EN 26157-1:1998] współpracy łbów śrub i końcówek nasadowych lub trzpieniowych. Zdjęcia na rys. 6 przedstawiają przykładowe stany powierzchni kontaktu śrub poddanych granicznym momentom dokręcającym.

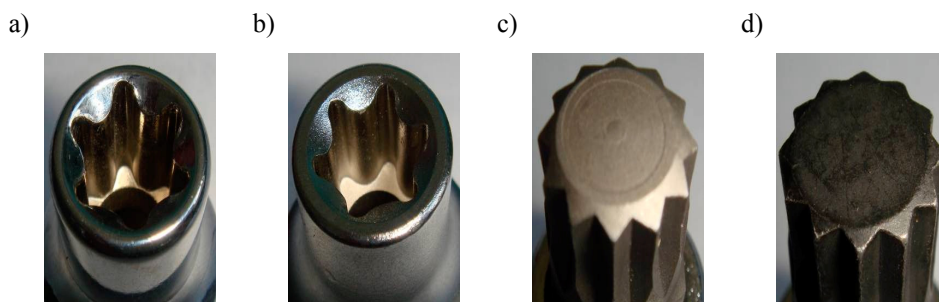
Widać, że poza nieznacznymi uszkodzeniami powłok galwanicznych nie zaobserwowano deformacji powierzchni współpracujących, które ograniczałyby funkcjonalność połączenia łeb śruby – narzędzie dokręcające.

Podobnie powierzchnie oddziaływania kluczy nie wykazały żadnych widocznych śladów uszkodzeń (rys. 7).



Rys. 6. Zdjęcia łbów śrub obciążonych granicznymi wartościami momentów $M_{d\ max}$: a) śruba M10-12.9, nasadka E12 TONA, $M_{d\ max} = 114,6$ Nm, b) śruba M10 x 1,25-10.9, nasadka E12 KINGTONY, $M_{d\ max} = 110,7$ Nm, c) śruba M11 x 1,5-8.8, klucz trzpieniowy M12 KINGTONY, $M_{d\ max} = 110,6$ Nm, d) śruba M12-10.9, klucz trzpieniowy M12 TONA, $M_{d\ max} = 165$ Nm

Fig. 6. Photos of bolt heads loaded with limit values of $M_{d\ max}$ moments a) screw M10-12.9, socket E12 TONA, $M_{d\ max} = 114,6$ Nm, b) screw M10 x 1,25-10.9, socket E12 KINGTONY, $M_{d\ max} = 110,7$ Nm, c) screw M11 x 1,5-8.8, bit M12 KINGTONY, $M_{d\ max} = 110,6$ Nm, d) screw M12-10.9, bit M12 TONA, $M_{d\ max} = 165$ Nm



Rys. 7. Współpracujące powierzchnie kluczy po badaniach: a) nasadka E12 TONA, b) nasadka E12 KINGTONY, c) klucz trzpieniowy M12 TONA, d) klucz trzpieniowy M12 KINGTONY

Fig. 7. Cooperating spanner surfaces after the tests; a) socket E12 TONA, b) socket E12 KINGTONY, c) bit M12 TONA, d) bit M12 KINGTONY

Wnioski

1. Łby śrub wykonane w standardach Torx oraz XZN z gwintami o wymiarach M10, M10 x 1,25, M11 x 1,5 i M12 w klasach własności mechanicznych 8.8, 10.9 i 12.9 obciążone momentami znacznie przewyższającymi wartości normatywne (od 36 do 80%) nie wykazywały istotnych oznak zniszczenia, powodujących utratę ich własności użytkowych. Można było jedynie zaobserwować nieznaczne miejscowe uszkodzenia powłok antykorozyjnych.

2. Używane do dokręcania narzędzia (końcówki nasadowe Torx E12 firmy TONA i firmy KINGTONY oraz końcówki trzpieniowe XZN M12 firmy TONA i firmy KINGTONY) mimo stosunkowo wysokich wartości momentów dokręcających nie wykazywały praktycznie żadnych oznak uszkodzenia.
3. Systemy Torx i XZN w zakresie badanych klas własności mechanicznych śrub, w powiązaniu ze współpracującymi narzędziami wybranych producentów, gwarantują wystarczającą wytrzymałość kontaktową, znacznie przewyższającą wytrzymałość trzpienia i gwintu dokręcanych śrub.

Dla pełniejszej oceny funkcjonalności ocenianych systemów planuje się poszerzenie zakresu badań o wpływ oddziaływań wielokrotnych oraz badań metalograficznych w strefie oddziaływań kontaktowych.

Bibliografia

Matzke W. 1979. Projektowanie głowic silników trakcyjnych. Wyd. Komunikacji i Łączności, Warszawa.

Osiński Z. 2002. Podstawy konstrukcji maszyn. Wyd. Naukowe PWN, Warszawa. ISBN 83-01-12806-2

PN-81/M-82056 Połączenia gwintowe stalowe – Dopuszczalne momenty dokręcania

PN-EN ISO 898-1:2001 Własności mechaniczne części złącznych wykonanych ze stali węglowej oraz stopowej - Śruby i śruby dwustronne

PN-EN 26157-1:1998 Części złączne - Nieciągłości powierzchni - Śruby, wkręty i śruby dwustronne ogólnego stosowania

FUNCTIONALITY OF TORX AND XZN SYSTEMS IN THE PROCESS OF BOLTED JOINT TIGHTENING

Abstract. Manufacturers of agricultural equipment, following the general tendency as regards bolted joints, more and more frequently use new shapes of bolt and screw heads. The present paper concerns initial studies on the contact strength of new constructional solutions regarding bolt heads and cooperating tools. The investigation concerned bolts with mechanical property classes used for typical reliable bolted joints (engine heads, connecting-rods etc.).

Key words: headed bolts, contact strength, wrench spanner, tubular spanner

Adres do korespondencji:

Mariusz Łoboda; e-mail: loboda@au.poznan.pl

Instytut Inżynierii Rolniczej

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 50

60-637 Poznań