

Aleksander NIEOCZYM

STANOWISKOWE BADANIA PROCESU WKREĆANIA ŁĄCZNIKÓW GWINTOWYCH

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki badań procesu wkręcania śrub oraz dokonano analizy statystycznej zarejestrowanych wartości momentu skręcającego, momentu tarcia oraz siły osiowej. Dodatkowo zaprezentowano wyniki zmian tych wartości pod wpływem różnych powłok ochronnych śrub oraz obecności czynnika smarnego. Scharakteryzowano stanowisko badawcze oraz zaprezentowano algorytmy sterujące jego pracą

WSTĘP

Obliczenia wytrzymałościowe połączeń gwintowych powinny uwzględniać nie tylko bezpieczeństwo i trwałość konstrukcji, ale także fakt, że kształtują one w dużym stopniu sztywność statyczną i właściwości dynamiczne całych złożonych układów mechanicznych.

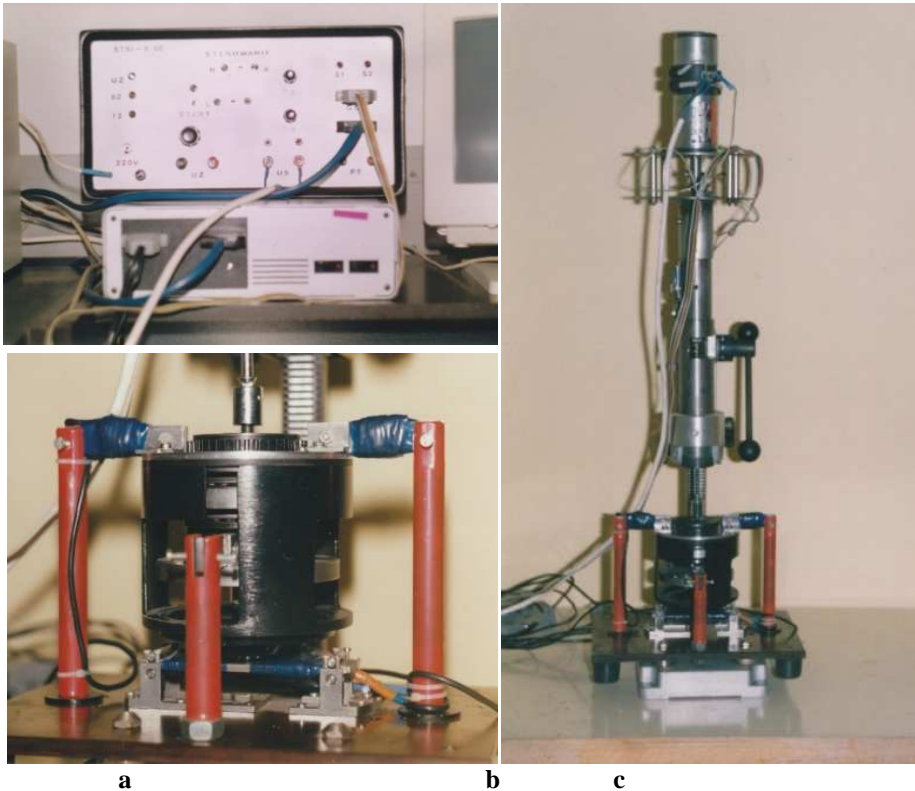
W procesie dokręcania łącznik gwintowy zostaje napięty siłą zacisku wstępnego Q_w . Siła ta powinna być na tyle duża, aby po przyłożeniu obciążenia roboczego Q_r nie nastąpił luz pomiędzy łączonymi elementami. Warunkiem powstania tych sił jest dokręcenie łącznika gwintowego momentem o określonej wartości, a jego właściwy dobór w procesie konstruowania złącza gwintowego pozwala na zmniejszenie współczynnika bezpieczeństwa w obliczeniach wytrzymałościowych. Moment dokręcający M_d zwany też momentem całkowitym M_c jest sumą momentu skręcającego M_s i momentu M_t uwzględniającego opory tarcia śruby lub nakrętki o powierzchnię elementów łączonych.

W celu określenia wartości parametrów wkręcania różnych łączników gwintowych dodatkowo charakteryzowanych przez rodzaj pokrycia ochronnego i rodzaj warstwy smarnej na powierzchni gwintowanej, zbudowano stanowisko badawcze, w skład którego wchodzi (rys.1):

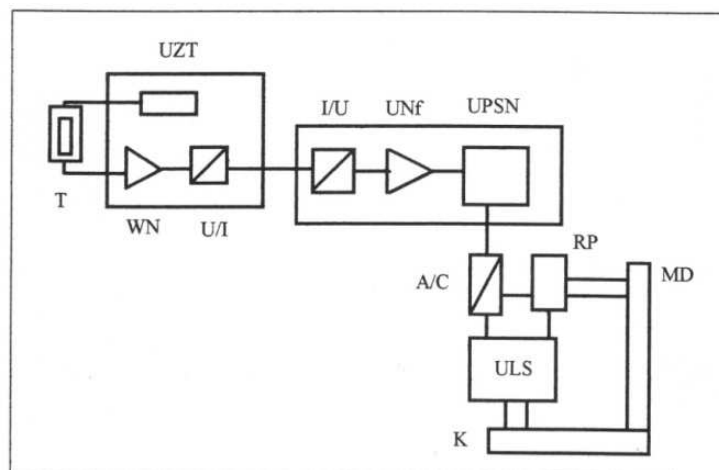
- a) Głowica wkręcająca[2].
- b) Przyrząd do badania przebiegu wkręcania [1] umożliwiający pomiar: siły osiowej w łączniku gwintowym Q , momentu skręcającego w trzpieniu śruby M_s oraz pomiar momentu tarcia pod łbem wkręta M_t .
- c) Wzmacniacz tensometryczny, którego schemat ideowy przedstawiono na rys. 2. Rozdzielczość wzmacniacza wykalibrowano według przedziałów:
 - 2550 działek dla sygnału poniżej 10% poziomu maksymalnego,
 - 255 działek dla sygnału powyżej 10% poziomu maksymalnego.
- d) Jednostka sterująca pracą głowicy. Zainstalowany na twardym dysku program komputerowy steruje pracą głowicy wkręcającej. Podczas procesu wkręcania następuje

ciągłe obliczanie chwilowej wartości momentu wkręcającego i porównywanie jej z wartością zadaną.

Algorytmy programu komputerowego sterującego pracą stanowiska oraz sterowania pracą głowicy przedstawiają rys. 3 i rys. 4.

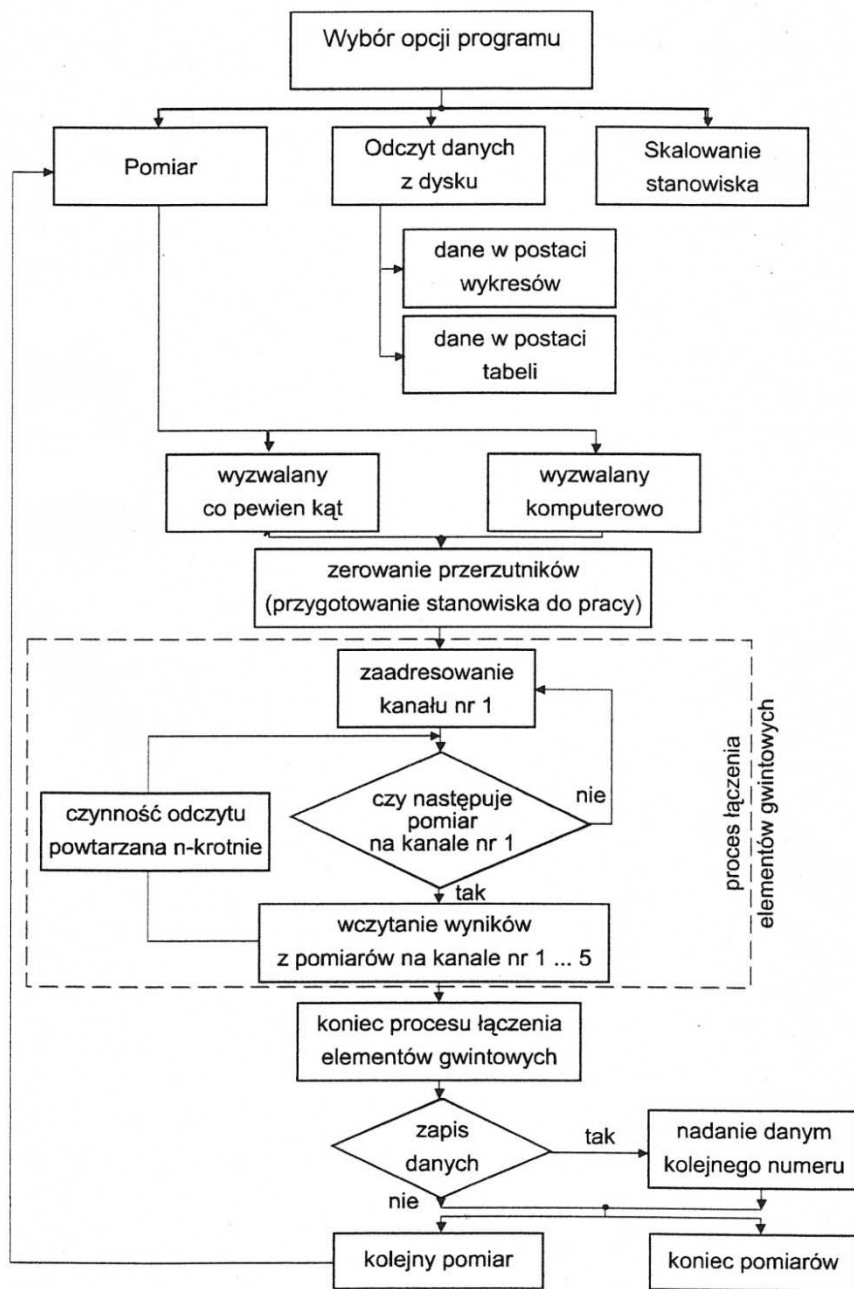


Rys.1. Stanowisko do badań parametrów wkręcania: a- sterownik i wzmacniacz tensometryczny, b- przyrząd do badania przebiegu sił i momentów w procesie wkręcania, c- głowica wkręcająca na stanowisku badawczym

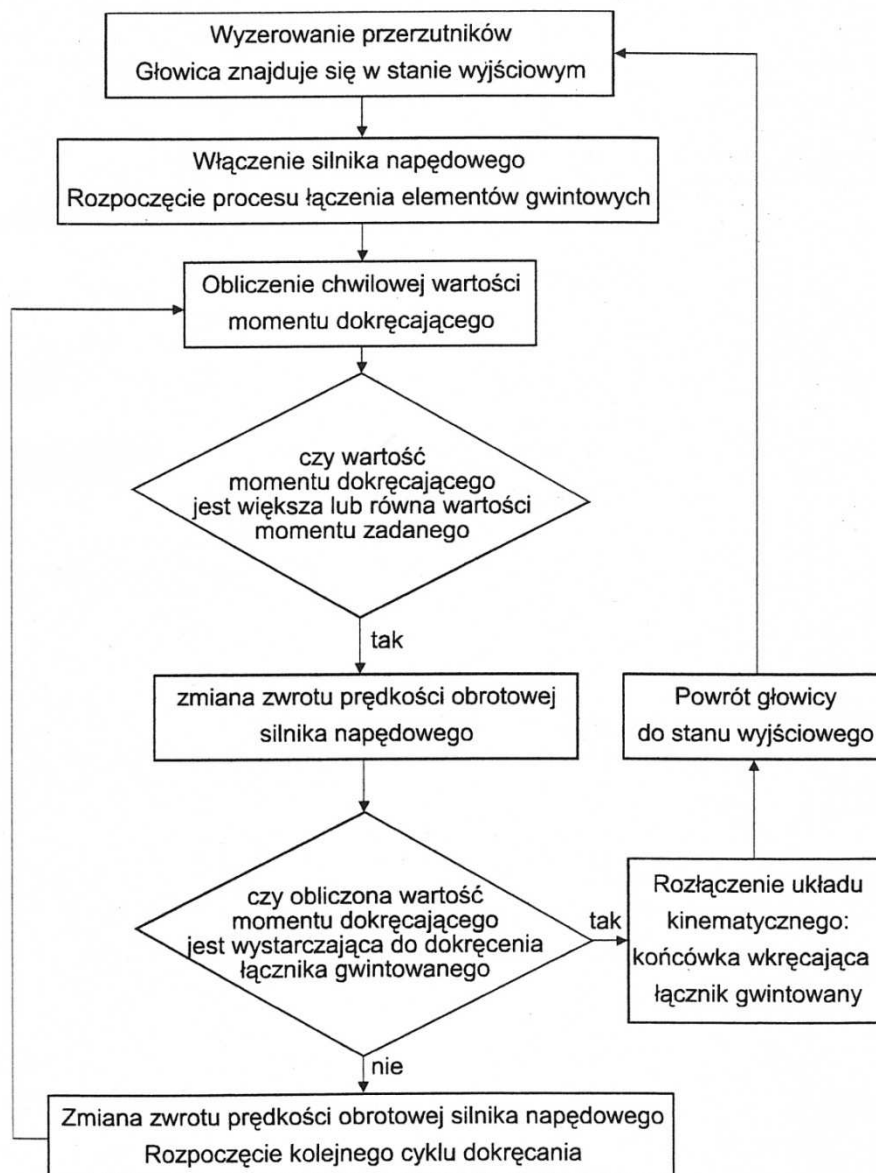


Rys. 2. Schemat ideowy wzmacniacza tensometrycznego.

T – tensometr, UZT – układ zasilania tensometrów, WN – wzmacniacz napięciowy, U/I – przetwornik napięcie – prąd, I/U – przetwornik prąd – napięcie, UNf – układ napięciowy formujący, UPSN – układ pomiarowy sygnałów napięciowych, A/C – przetwornik analogowo – cyfrowy, MD – magistrala danych do komputera, K- komputer, RP – rejestrator podstawowy, ULS – układ logiki sterującej.



Rys.3. Algorytm programu komputerowego sterującego pracą stanowiska badawczego



Rys. 4. Algorytm sterowania komputerowego pracą głowicy wkręcającej podczas łączenia elementów gwintowych

1. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA STANOWISKA BADAWCZEGO

1.1. Wykorzystanie danych empirycznych do opisu matematycznego procesu wkręcania

Pomiary przeprowadzono przy wkręcaniu $n=50$ śrub wielkości M6 i M8 (PN-85/M-82101) w wykonaniu średniokładnym B. Wkręcane śruby były pokryte cienką warstwą smaru maszynowego. Przykładowe zależności funkcyjne momentu na gwincie M_s i momentu tarcia M_t w zależności od siły osiowej Q przedstawiono na rys. 5 [3].

Wartości otrzymane podczas wkręcania śrub M6:

Moment skręcający w rdzeniu śruby:

- wartość średnia $M_s=5,316$ Nm,
- przedział wartości: $M_{s\ min}=4,87$ Nm, $M_{s\ max}=5,26$ Nm,
- średnie odchylenie standardowe $\sigma=0,164$ Nm,

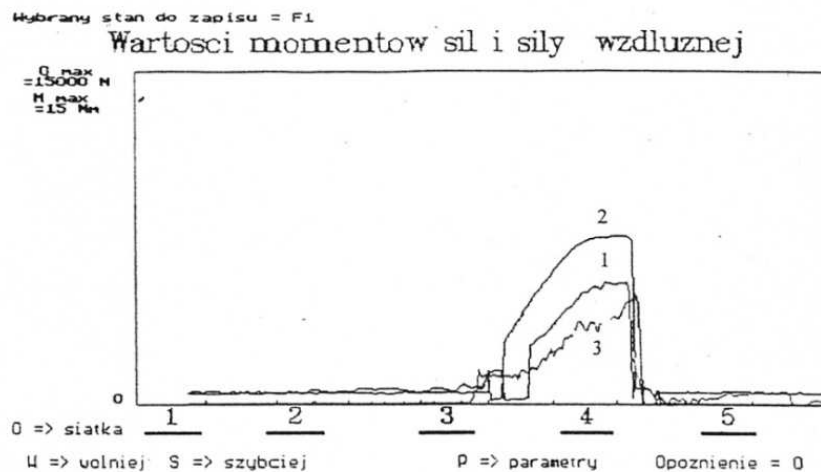
Moment tarcia pod łbem śruby:

- wartość średnia $M_t=4,11$ Nm,
- przedział wartości: $M_{t\min}= 3,64$ Nm, $M_{t\max}=4,24$ Nm,
- średnie odchylenie standardowe $\sigma=0,2242$ Nm,

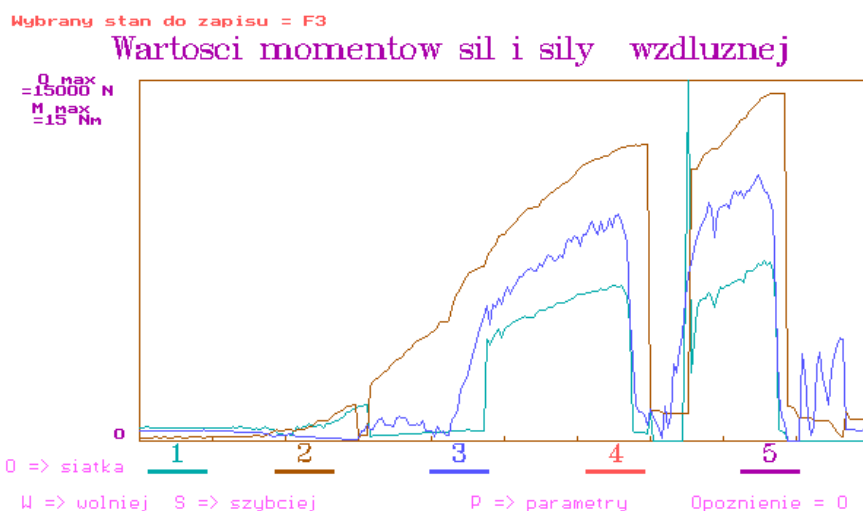
Siła osiowa w śrubie Q:

- wartość średnia $Q=5887$ N,
- przedział wartości: $Q_{\min}= 5386$ N, $Q_{\max}=6031$ N,
- średnie odchylenie standardowe $\sigma=246,66$ N,

Zarejestrowane wartości momentu skręcającego M_s , momentu tarcia M_t oraz siły osiowej w śrubie zostały użyte do ilościowego określenia związku między tymi zmiennymi oraz na wyznaczeniu najbardziej prawdopodobnej funkcji średnich wartości zmiennych. Zastosowano tu model nieliniowy. Określono także kwadrat współczynnika korelacji krzywoliniowej, który informuje jaki procent rozrzutu wyników jest wyjaśniany modelem zależności korelacyjnej charakteryzującej się danym typem funkcji zastosowanym do wykreślenia krzywej regresji.



a



b

Rys. 5. Przykładowe charakterystyki wkręcania śrub: a- M6, b- M8

1-Moment tarcia pod łbem śruby, 2 – moment skręcający w rdzeniu śruby, 3 – siła osiowa w śrubie.
Oś pozioma – kąt obrotu śruby.

Proces dokręcania śruby M6:

Zależność momentu skręcającego od siły osiowej w śrubie $M_s=f(Q)$

$$y=3,488 - 0,01148 Q + 0,000012 Q^2 - 3,5239 \cdot 10^{-9} Q^3$$

$$r^2=0,8344$$

Zależność momentu tarcia pod łbem śruby od siły osiowej $M_t=f(Q)$

$$y=3,9613 - 0,01509 Q + 0,000021 Q^2 - 1,1278 \cdot 10^{-8} Q^3$$

$$r^2=0,8114$$

Zależność momentu dokręcającego od siły osiowej $M_d=f(Q)$

$$y= 3,8542 - 0,011825 Q + 0,000013 Q^2 - 4,06634 \cdot 10^{-9} Q^3$$

$$r^2=0,7803$$

Otrzymane funkcje pozwalają na obliczenie wartości momentów charakteryzujących proces wkręcania w zależności od wartości siły Q koniecznej do uzyskania w łączniku gwintowym. Model krzywoliniowy może służyć do określenia z zadaną tolerancją parametrów wkręcania w obliczeniach dokładnych zmierzających do zmniejszenia współczynnika bezpieczeństwa połączenia gwintowego. Można go także stosować w złączach z ciasno pasowanymi gwintami gdzie w procesie skręcania następuje deformacja plastyczna powierzchni nośnej gwintu oraz starcie wierzchołków nierówności na powierzchni styku.

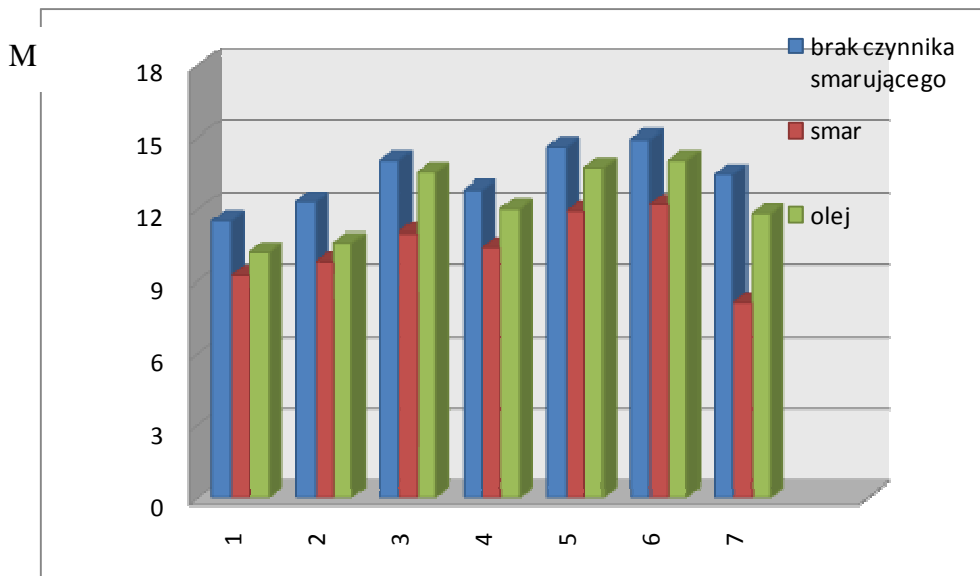
1.2. Badanie zjawisk trybologicznych w połączeniach gwintowych

Poniżej przedstawiono rezultaty badań zmiany siły osiowej w śrubie w zależności od wartości momentu dokręcającego. Eksperyment przeprowadzono z użyciem śrub M6×30 B6.8 wkręcanych głowicą wkręcającą w trzpień stalowy przyrządu pomiarowego.

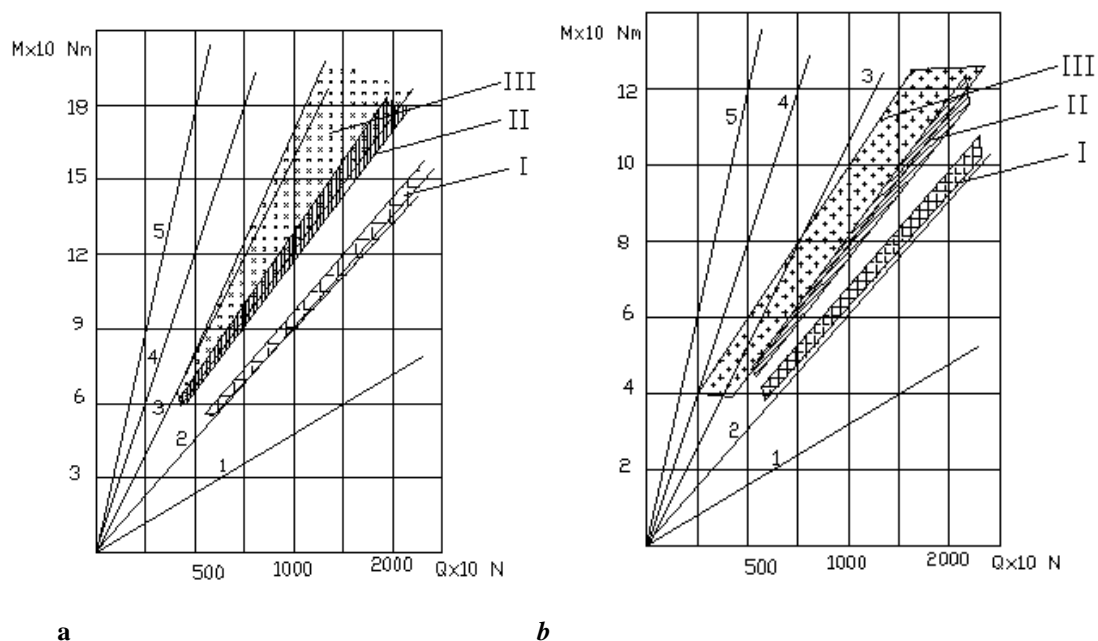
Wyniki badań [3]:

1. Wzrost wartości momentu dokręcającego śrub z powłokami ochronnymi w stosunku do śruby stalowej bez żadnej powłoki:
 - powłoka tlenkowa - 8%,
 - niklowa oraz miedziowo - niklowa - 22%,
 - cynkowa - 21%,
 - fosforanowa - 22%,
 - cynkowo - chromianowa - 25%,
2. Określenie wartości momentu dokręcającego M_d niezbędnego do uzyskania w śrubie określonej siły osiowej Q z uwzględnieniem wpływu smarowania i powłoki ochronnej. Podczas badań rejestrowano moment dokręcający M_d niezbędny do uzyskania siły w śrubie $Q = 8682,48 N$ (PN 81/M – 82056) – rys. 6.
3. Określenie zmian siły osiowej w śrubie podczas dokręcania momentem zmieniającym się skokowo w granicach (2-18) Nm. Wyniki badań wykorzystano do sporządzenia diagramów (rys.7) umożliwiających określenie wartości momentu dokręcającego w funkcji siły osiowej Q i rodzaju smarowania. Na diagramie umieszczono liniowe funkcje wartości współczynnika tarcia μ . Umożliwiają one określenie granicznych wartości współczynnika tarcia dla danego typu powłoki i rodzaju smarowania.

Zastosowanie powłoki smarującej w postaci smaru lub oleju wpływa na stabilizację współczynnika tarcia. Powłoka smaru powoduje zmniejszenie wartości momentu dokręcającego niezbędnego do uzyskania wymaganej siły osiowej w śrubie. Warstwa oleju krócej utrzymuje się na smarowanej powierzchni i gorzej ją zwilża. Zmniejsza rozrzut momentu dokręcającego, ale jego górne wartości są często w granicach dolnych wartości momentu uzyskiwanego w śrubach pozbawionych warstwy smarnej.



Rys.6. Wpływ smarowania na zmianę wartości momentu dokręcającego śruby M6 z różnymi powłokami ochronnymi. Pomiar przy stałej sile $Q = 8682,48 \text{ N}$. 1- śruba stalowa (bez powłoki), 2- powłoka tlenkowa, 3- powłoka cynkowo – chromianowa, 4- powłoka cynkowa, 5- powłoka miedziowo – niklowa, 6- powłoka niklowa, 7- powłoka fosforanowa



Rys. 7. Zależność momentu dokręcającego M_d od siły osiowej w śrubie Q .

Rodzaj smarowania: I – smar, II – olej, III – brak czynnika smarującego. 1- $\mu=0,05$, 2- $\mu=0,1$, 3- $\mu=0,2$, 4- $\mu=0,3$, 5- $\mu=0,5$. a-śruba stalowa z powłoką ochronną fosforanową, nakrętka bez powłoki ochronnej, b-śruba stalowa bez powłoki ochronnej, nakrętka bez powłoki ochronnej

WORKPLACE RESEARCH ON THE PROCESS OF DRIVING THREADED FASTENER

Abstract

In the article findings of the process of driving screws were presented as well as they caused a statistical analysis of registered values of the turning moment, the moment of the friction and axial force. Additionally results of changes of these values were presented under the influence of different protective coatings of screws and the presence of the spreadable factor. A research position was characterized as well as algorithms controlling his work were expressed.

BIBLIOGRAFIA

1. Nieoczym A., Kisiel J.: *Stanowisko do pomiaru momentu dokręcającego i siły osiowej*, Wzór użytkowy W 105608.
2. Nieoczym A., K. Wituszyński: *Impulsowa głowica wkręcająca*. Patent nr 329139.
3. Nieoczym A., Szabajkiewicz W.: *Montażowe połączenia gwintowe*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2009.

Autor:

Dr inż. Aleksander NIEOCZYM – Politechnika Lubelska