



Instrukcja do ćwiczeń laboratoryjnych z podstaw konstrukcji maszyn

1. Temat: Badanie nośności złącza śrubowego napiętego wstępnie

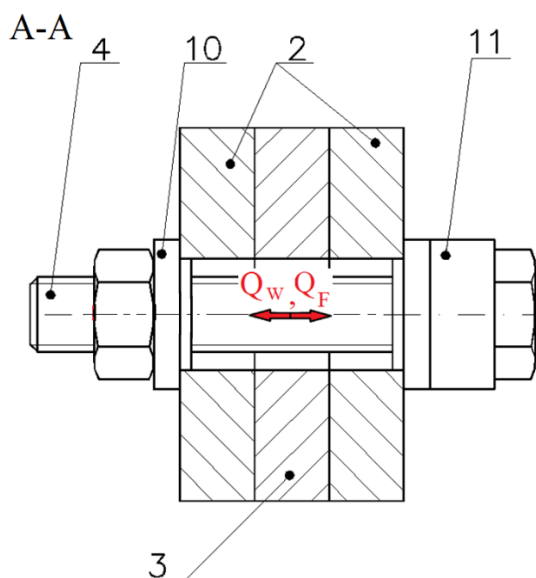
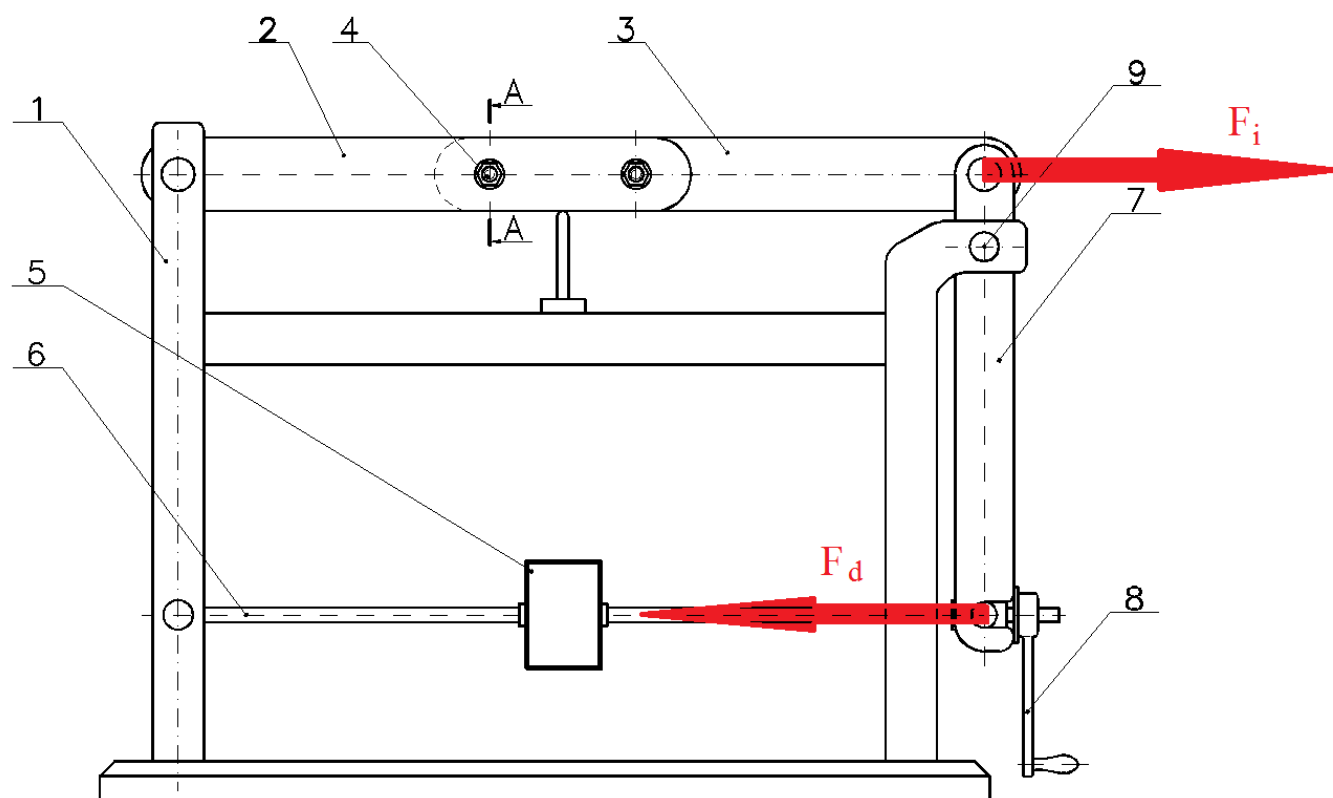
2. Cel ćwiczenia:

- Porównanie dokładności i powtarzalności napinania śrub kluczem dynamometrycznym i napinaczem hydraulicznym
- Określenie wpływu zatłuszczenia (zabrudzenia) powierzchni gwintu i powierzchni oporowych śrub na nośność złącza.

3. Opis stanowiska:

Badanie złączy śrubowych odbywa się na stanowisku laboratoryjnym przedstawionym na rys.2. Wielkością bezpośrednio mierzoną podczas przeprowadzania ćwiczenia jest siła zrywająca (F_i) połączenie cierne pomiędzy trzema płytami skręconymi ze sobą za pomocą dwóch śrub M12. Mierzona jest również siła napięcia śrub (Q_F), będącego wynikiem przyłożenia określonego momentu dokręcającego na kluczu dynamometrycznym.

Po dokręceniu śrub (poz. 4) złącze obciąża się siłą (F_d) wywołaną przez dokręcenie pokrętki (poz. 8) na cięgnie (poz. 6). Siła mierzona (F_d) za pomocą czujnika siły (poz. 5) przenoszona jest przez dźwignię (poz. 7) z przełożeniem 5:1 na płytę (poz.3), powodując jej przesunięcie. Przesunięciu temu zapobiega siła tarcia wywołana dokręceniem śrub (poz. 4). W chwili, gdy siła tarcia między płytami (poz. 2 i 3) zostanie przewyższona odczytuje się wartość siły obciążającej z uwzględnieniem przełożenia dźwigni (poz. 7) i na tej podstawie określa nośność połączenia siła (F_i). Dodatkowo stanowisko jest wyposażone w czujniki siły (poz. 11), które mierzą siłę osiową każdej śruby. Doświadczenie należy przeprowadzić kilkakrotnie dla klucza dynamometrycznego przy różnym stanie powierzchni gwintu i powierzchni oporowej nakrętki, w celu określenia powtarzalności napięć. Warunki współpracy płyt (poz. 2 i 3) należy zapewnić w przybliżeniu jednakowe.



Rys.2. Stanowisko laboratoryjne do badań połączeń gwintowych: 1-rama, 2-płyta zewnętrzna, 3-płyta wewnętrzna, 4-napinana śruba, 5-Czujnik siły (zakres 5kN), 6-ciężno, 7-dźwignia przenosząca obciążenie, 8-pokrętło, 9-środek obrotu dźwigni, 10-podkładki centrujące, 11- czujniki siły osiowej śruby (zakres 80kN), Q – napięcie w śrubicie (Q_F - wartość otrzymana z pomiarów, Q_w - wartość teoretyczna)



4. Przebieg ćwiczenia

Przed każdą próbą należy nanieść warstwę środka smarnego na współpracujące powierzchnie płyt (poz. 2 i 3) złącza, w celu zmniejszenia gwałtowności zerwania połączenia ciernego i zapewnienia porównywalnych warunków współpracy.

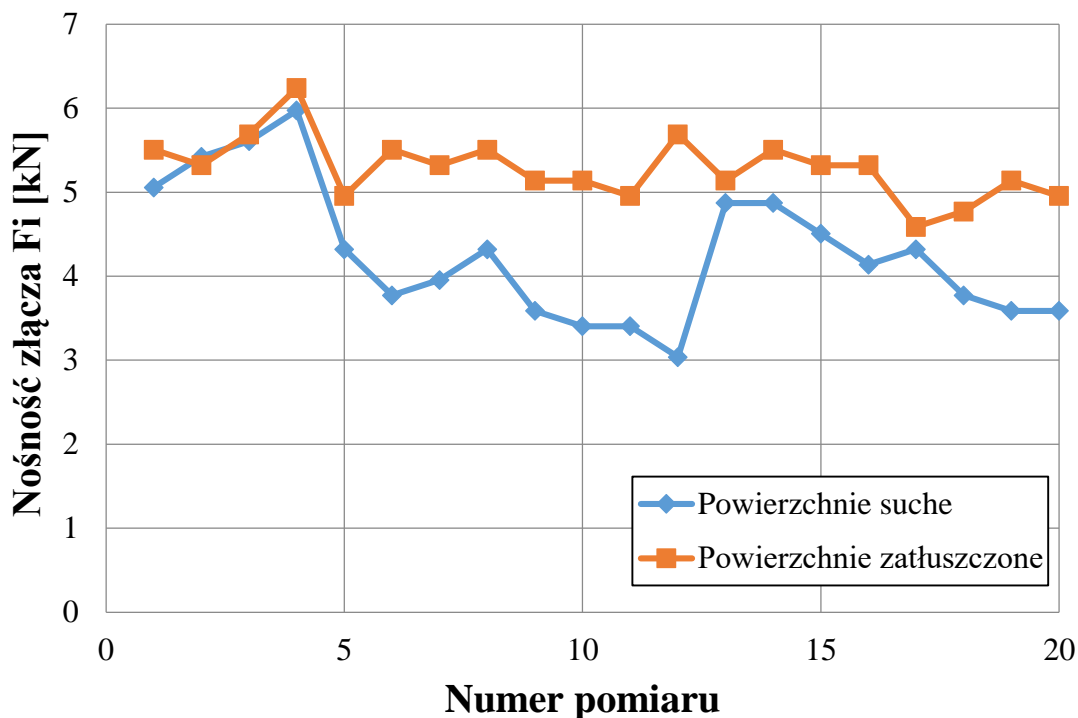
1. Założyć śruby przeczyszczone benzyną do złącza korzystając z podkładek centrujących.
2. Stawić dźwignię obciążającą (poz. 7) w skrajnym położeniu, na które pozwala ogranicznik.
3. Dokręcić wstępnie nakrętki obu śrub.
4. Kluczem dynamometrycznym dokręcić kolejno śruby z momentem $M=60 \text{ Nm}$.
5. Wprowadzić siłę obciążającą za pomocą dźwigni (poz. 7), poprzez dokręcenie nakrętki na ciągnie (poz. 6. kluczem pełniącym rolę pokrętła (poz. 8).
7. Odczytać wartość siły zrywającej połączenie (F_i) i zapisać do Tab. 2.
8. Rozkręcić złącze i doprowadzić powierzchnie płyt do stanu wyjściowego sprzed próby (rozprowadzić środek smarny).
9. Przeprowadzić czynności wg punktów 1÷8 trzy razy.
10. Przesmarować gwint śruby i powierzchnie oporowe nakrętek smarem plastycznym.
11. Założyć tak przygotowane śruby do złącza.
12. Przeprowadzić czynności wg punktów 2÷9.

Tab. 2. Tabela wyników pomiarów do opracowania

Suche powierzchnie oporowe śrub i gwintu				Zatłuszczone powierzchnie oporowe śrub i gwintu		
Lp.	Nośność Złącza F_i [N]	Napięcie Q_F w śrubie nr 1 [kN]	Napięcie Q_F w śrubie nr 2 [kN]	Nośność Złącza F_i [N]	Napięcie Q_F w śrubie nr 1 [kN]	Napięcie Q_F w śrubie nr 2 [kN]
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

5. Opracowanie wyników badań

Wyznacz wykres nośności złącza $F_i = f(L_p)$ dla suchych oraz dla zatłuczonych powierzchni oporowych śruby i gwintu. Przykładowy wykres przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4. Przykładowy wykres zależności nośności złącza F_i w zależności od numeru pomiaru

Oblicz wartość średnią oraz odchylenie standardowe wyników pomiarów. Wartości zapisz w tabelce poniżej. Do obliczenia odchylenia standardowego można wykorzystać funkcje w EXELU - `ODCH.STANDARDOWE.A()`

Suche powierzchnie oporowe śrub i gwintu		Zatłuczone powierzchnie oporowe śrub i gwintu	
Wartość średnia [kN]	Odchylenie standardowe [kN]	Wartość średnia [kN]	Odchylenie standardowe [kN]

Na podstawie przeprowadzonych pomiarów (Tabeli 2) wyznacz teoretyczny wykres nośności złącza dla powierzchni suchych i zatłuszczonych w zależności od numeru pomiaru (wyniki można połączyć razem z wynikami z rys. 4). Teoretyczne nośności złącza można wyznaczyć na podstawie zależności.

$$F_i = n \cdot m \cdot Q_F \cdot \mu_F$$

gdzie:

F_i – teoretyczna nośność złącza

$m=2$ – liczba powierzchni tarcia

$n = 2$ – liczba śrub w złączu

$\mu_F = 0,05$ – wyznaczony eksperymentalnie współczynnik tarcia pomiędzy powierzchniami blach (poz. 2 i 3 – rys. 2)

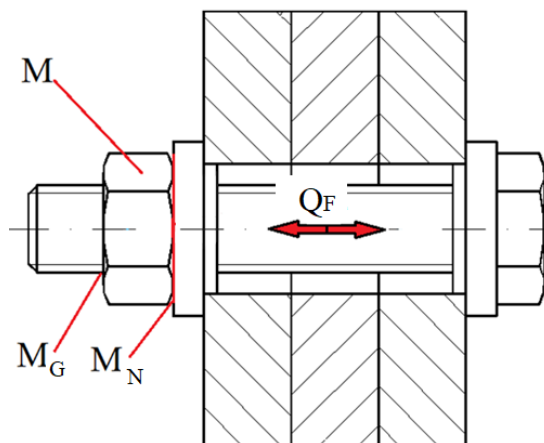
Q_F – nacisk na złącze pochodzący od napięcia pojedynczej śruby – rys. 2

(DO OBLICZEŃ PRZYJĄĆ WARTOŚCI ŚREDNIE DLA ŚRUBY NR 1 i 2 na podstawie danych pomiarowych zapisanych w Tabeli 2)

7.2 Na podstawie pomiarów siły napięcia śruby Q_F oblicz moment tarcia M_N na nakrętce dla powierzchni zatłuszczonych i suchych.

$$M = M_G + M_N$$

M w równaniu powyżej to moment zadany za pomocą klucza dynamometrycznego (wynosił on $M=60$ Nm). Moment ten rozkłada się na moment tarcia na gwincie M_G oraz moment tarcia na powierzchni oporowej nakrętki M_N – rys. 5.



Rys. 5. Momenty i siły występujące w połączeniu gwintowym



$$M_G = 0.5 \cdot Q_F \cdot d_s \cdot \operatorname{tg}(\gamma + \rho') \quad [\text{Nm}]$$

gdzie:

Q_F – zmierzone napięcie w śrubie (tab. 2), w obliczeniach proszę przyjąć wartość Q_F dla śruby nr 1,

$\mu=0,12$ – współczynnik tarcia gwintu (w naszym przypadku stal po stali),

$d_s=10,863\text{mm}$ – średnica podziałowa śruby M12 (wielkość wynika z normy dla gwintów

metrycznych),

$h=1,75\text{ mm}$ – skok gwintu M12,

γ - kąt wzniosu linii śrubowej,

ρ' - pozorny kąt tarcia,

α_r - kąt roboczy gwintu dla metrycznego 30° ,

Zależności matematyczne między poszczególnymi wielkościami.

$$\operatorname{tg}(\gamma) = \frac{h}{\pi \cdot d_s}$$
$$\operatorname{tg}(\rho') = \frac{\mu}{\cos(\alpha_r)}$$

W naszym przypadku będą to wartości:

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{h}{\pi \cdot d_s} \rightarrow \gamma = 2,935^\circ \quad \operatorname{tg}\rho' = \frac{\mu}{\cos \alpha_r} \rightarrow \rho' = 7,889^\circ$$

Obliczyć moment tracony na powierzchni nakrętki:

$$M_N = M - M_G$$

Obliczyć udział procentowy:

$$U_p = \frac{M_N}{M} \cdot 100$$

U_p - procentowy udział momentu tarcia powierzchni nakrętki M_N przy dokręcaniu nakrętki momentem M

Sporządź wykres $U_p=f(L_p)$ w zależności od numeru pomiaru dla powierzchni suchych i zatłuszczonych.



6. Pytania kontrolne

- 1. Określić wpływ charakterystycznych kątów w geometrii gwintu na jego sprawność, uzasadnić, dlaczego tak jest.*
- 2. Co to jest samohamowność gwintu, jak się ją określa i od czego ona zależy.*
- 3. Przedstawić sposób wyznaczania siły zacisku złącza śrubowego znając moment z jakim dokręcono nakrętkę.*
- 4. Jakie gwinty stosuje się na złącza śrubowe, a jakie na mechanizmy śrubowe i dlaczego.*
- 5. Kiedy i z jakich powodów w mechanizmach śrubowych stosuje się gwinty symetryczne, a kiedy niesymetryczne, jakie są to gwinty.*
- 6. Omówić rodzaje gwintów, ich oznaczenia, zarysy i wymiary.*
- 7. Dla jakiego kąta γ sprawność mechanizmu śrubowego jest największa i ile wynosi.*

7. Wytyczne BHP

Należy postępować według szkolenia udzielonego przez opiekuna przedmiotu, prowadzącego laboratorium oraz stosować się do OGÓLNEJ INSTRUKCJI BHP UŻYTKOWANIA.

8. Literatura

1. Maria Porębska, Marian Warszyński "Laboratorium z podstaw konstrukcji maszyn",
2. Karol Szewczyk, "Połączenia gwintowe",
3. Eugeniusz Mazanek, "Podstawy konstrukcji maszyn Cz.1",
4. Osiński Zbigniew, "Podstawy konstrukcji maszyn"