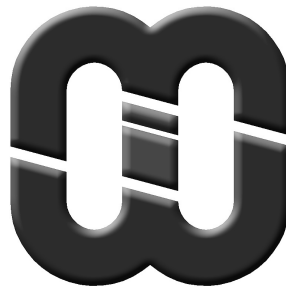


UNIwersytet
Technologiczno - Przyrodniczy

im Jana i Jędrzeja Śniadeckich

Wydział Inżynierii Mechanicznej



Instytut Mechaniki i Konstrukcji Maszyn

Podstawy Konstrukcji Maszyn
- laboratorium

Temat:

Badanie niszczące połączenia śrubowego.

Opracował:

dr inż. Robert SOŁTYSIAK

Laboratorium – Badanie niszczące połączenia śrubowego.

1. Cel ćwiczenia

Głównym celem ćwiczenia jest porównanie obliczonej wytrzymałości połączenia śrubowego z wytrzymałością uzyskaną doświadczalnie. Dodatkowym celem jest zapoznanie studentów z procesem niszczenia połączeń śrubowych.

2. Wprowadzenie teoretyczne

Każdy obiekt techniczny, w tym i maszyna jest układem wielu zespołów i elementów, które ze sobą współdziałają i spełniają określone zadania. Do powiązania elementów składowych w całość służą połączenia. Połączenia te dzielimy na dwie podstawowe grupy: połączenia nierozłączne i rozłączne. Połączenia nierozłączne to takie, gdzie złączone elementy nie mogą być wielokrotnie rozłączane i ponownie złączane, ponieważ w wyniku tych czynności połączenia lub występujący w nich łącznik zazwyczaj ulegają uszkodzeniu. Natomiast połączenia rozłączne to takie, które zachowują zdolności przenoszenia obciążeń mimo kilkukrotnego, a nawet wielokrotnego montażu i demontażu elementów składowych złącza. Jest to możliwe dzięki temu, że podczas demontażu elementy główne oraz łączniki wiążące te elementy nie ulegają uszkodzeniu.

W połączeniach rozłącznych i nierozłącznych elementy mogą być łączone ze sobą bezpośrednio lub pośrednio. W połączeniach pośrednich występują dodatkowe elementy, są to tzw. łączniki.

Do połączeń nierozłącznych bezpośrednich zaliczamy połączenia spawane, zgrzewane, lutowane oraz klejone natomiast do pośrednich – połączenia nitowane.

Do połączeń rozłącznych bezpośrednich zaliczamy połączenia gwintowe oraz połączenia kształtowe takie jak wieloboczne, wieloząbkowe, wielowypustowe, natomiast do połączeń pośrednich zaliczamy połączenia w których występuje łącznik. Na ogół od łącznika pochodzą nazwy tego typu połączeń: śruba – śrubowe, kołek – kołkowe, sworzeń – sworzniowe, klin – klinowe, wpust – wpustowe itp.

Jeżeli chodzi o obliczenia połączeń rozłącznych śrubowych prowadzi się je w zależności od rodzaju i charakteru obciążeń działających na złącze. Rozróżniamy cztery przypadki obciążenia połączeń śrubowych:

- I – śruba bez napięcia wstępnego obciążona siłą osiową,
- II – śruba bez napięcia wstępnego obciążona siłą osiową i momentem skręcającym,
- III – śruba napięta wstępnie i następnie obciążona siłą osiową
- IV – śruba obciążona siłą poprzeczną.

Ze względu na charakter ćwiczenia laboratoryjnego zostanie omówiony tylko czwarty przypadek obciążenia w którym rozróżniamy kolejne dwa przypadki, kiedy śruby są montowane jako pasowane oraz jako luźne. W przypadku stosowania śrub pasowanych (rys. 1) siłę

poprzeczną F przenosi część walcowa śruby w skutek oporu przeciwko ścinaniu. Należy więc obliczyć na ścinanie walcową część śruby:

$$\tau = \frac{F}{S_{\tau}} \leq k_t \quad 1$$

gdzie:

F - siła ścinająca,

S_{τ} – ścinana powierzchnia.

k_t – naprężenia dopuszczalne śruby na ścinanie,

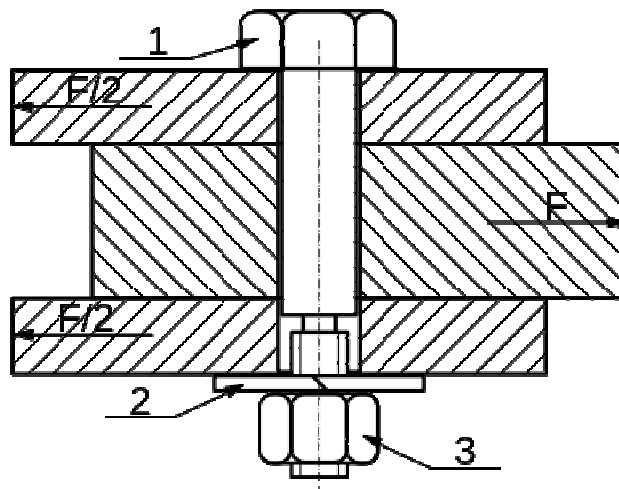
oraz na naciski powierzchniowe występujące między częścią walcową śruby a blachą:

$$p = \frac{F}{S_p} \leq p_{dop} \quad 2$$

gdzie:

S_p – powierzchnia narażona na naciski powierzchniowe,

p_{dop} – naciski dopuszczalne słabszego materiału połączenia (śruby lub blachy)



Rys. 1. Połączenie śrubowe ze śrubą pasowaną: 1 – śruba, 2 – podkładka sprężynująca, 3 – nakrętka

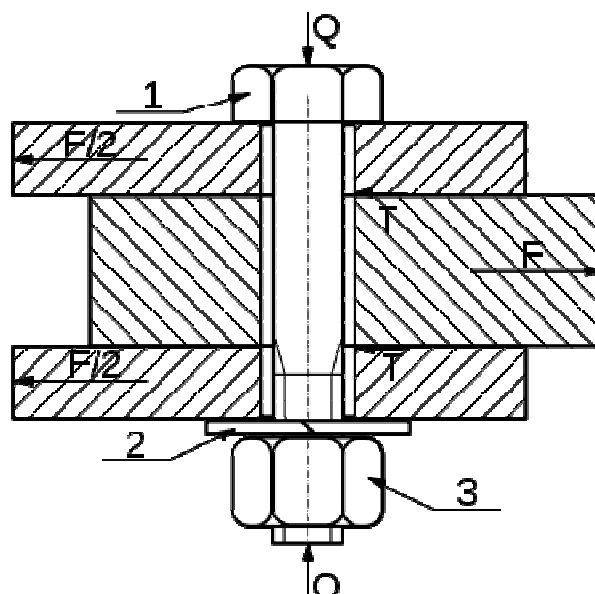
W przypadku stosowania śrub luźnych (rys. 2) nie powinno dopuścić się do obciążeń powodujących ścinanie śrub. W tym przypadku obciążenie F musi być przenoszone przez tarcie pomiędzy skręconymi elementami (blachami). Należy więc wywołać takie napięcie w śrubie Q , aby:

$$F \leq T = Q \cdot \mu \quad 3$$

gdzie:

T – siła tarcia występująca pomiędzy powierzchniami blach,

μ - współczynnik tarcia pomiędzy blachami.



Rys. 2. Połączenie śrubowe ze śrubą luźną: 1 – śruba, 2 – podkładka sprężynująca, 3 – nakrętka

W celu przeprowadzenia obliczeń przedstawionych w poniższej instrukcji konieczne jest między innymi określenie wytrzymałości śrub. Informację o wytrzymałości śrub daje nam klasa wytrzymałości śruby zapisana na łbie śruby w postaci np. 3.6, 4.6, 4.8, 5.6, 5.8, 6.8, 8.8, 9.8, 10.9 oraz 12.9. Pierwsza cyfra podaje wartość minimalnej wytrzymałości na rozciąganie R_m w N/mm^2 (MPa). Aby ją otrzymać musimy pomnożyć ją przez 100 N/mm^2 . Druga cyfra (po kropce) podaje wartość granicy plastyczności R_e (bądź umownej granicy plastyczności). Aby ją otrzymać należy podzielić drugą cyfrę przez 10, a następnie wynik pomnożyć przez wcześniej wyznaczoną minimalną wytrzymałość na rozciąganie. Poniżej przedstawiono przykład wyznaczania własności wytrzymałościowych dla śruby o klasie wytrzymałości 4.8:

Pierwsza cyfra: $4 \times 100 = 400 \text{ N/mm}^2$ minimalna wytrzymałość na rozciąganie;

Druga cyfra: $8 / 10 = 0.8 \rightarrow 0.8 \cdot 400 = 320 \text{ N/mm}^2$ granica plastyczności.

Następnie naprężenia dopuszczalne wyznacza się z zależności:

$$k_r = \frac{R_e}{x_e}, \quad k_t = \frac{R_{et}}{x_e}, \quad p_{dop} = 0,8 \cdot k_r$$

gdzie:

k_r – naprężenia dopuszczalne na rozciąganie,

k_t – naprężenia dopuszczalne na ścinanie

R_{et} – granica plastyczności przy ścinaniu (dla stali przyjmujemy $R_{et} \approx 0,62 \cdot R_e$)

x_e – współczynnik bezpieczeństwa (dla obciążeń statycznych przyjmowany $x_e = 2$)

3. Stanowisko laboratoryjne

Do realizacji ćwiczenia użyto maszyny wytrzymałościowej INSTRON znajdującej się w akredytowanym Instytutowym Laboratorium Badań Materiałów i Konstrukcji (rys. 3). Do badań niszczących przygotowano specjalny uchwyt (schemat - rys. 1) skręcony śrubą M6 charakteryzującą się określoną klasą wytrzymałości.



Rys. 3. Stanowisko do badań wytrzymałości śrub na ścinanie.

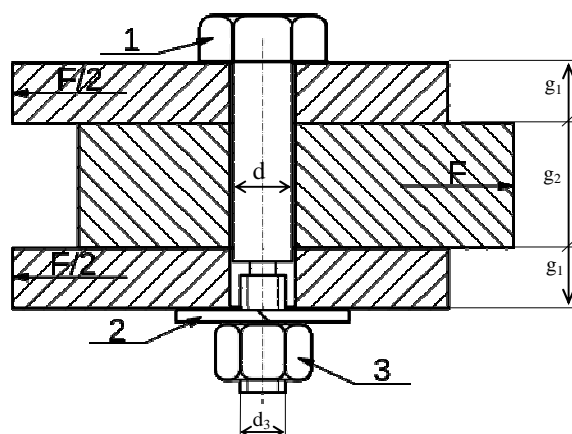
4. Przebieg ćwiczenia

Ćwiczenie należy przeprowadzić w następujący sposób:

1. Dokonać niezbędnych pomiarów połączenia śrubowego i wyniki zanotować w protokole badań (Tab. 1).
2. Obliczyć siłę „bezpieczną”, którą możemy obciążyć połączenie (zgodnie ze wzorami 1 i 2).
3. Obliczyć siłę powodującą ścięcie śrub.
4. Skręcić połączenie śrubowe.
5. Włączyć maszynę wytrzymałościową INSTRON.
6. Zamocować połączenie śrubowe na maszynie wytrzymałościowej.
7. Obciążać połączenie do momentu ścięcia śrub.
8. Wyjąć zniszczone połączenie, wyłączyć maszynę wytrzymałościową.
9. Przegrać plik z przeprowadzonej próby wytrzymałościowej.

Tab. 1. Protokół pomiarowy połączenia śrubowego pasowanego.

$2 \cdot g_1$ mm
g_2 mm
d mm
d_3 mm
Materiał blach	E295
Klasa wytrzymałości śrub
Obliczeniowa siła ścinająca
Doświadczalna siła ścinająca



Rys. 4. Połączenie śrubowe: 1- śruba, 2- podkładka, sprężynująca, 3 - nakrętka

5. Opracowanie wyników badań oraz zawartość sprawozdania

Na podstawie uzyskanych wyników z badań i obliczeń należy przygotować sprawozdanie, które powinno zawierać:

1. stronę tytułową zgodną ze wzorem podanym przez prowadzącego,
2. schemat stanowiska laboratoryjnego z krótkim opisem,
3. analizę wyników badań:
 - a) obliczenia siły „bezpiecznej”, którą może obciążać połączenie,
 - b) obliczenia siły, która spowoduje ścięcie badanej śruby,
 - c) wyznaczenie na podstawie otrzymanych z doświadczenia wyników siły ścinającej śrubę,
4. opracowanie i przeanalizowanie wykresu niszczenia połączenia $F = f(t)$,
5. analizę porównawczą otrzymanych wyników,
6. podsumowanie – wnioski,
7. załączony protokół zgodny ze wzorem (zatwierdzony podpisem prowadzącego).

Literatura:

- [1.] Dietrich M.: Podstawy Konstrukcji Maszyn T. 2. WNT Warszawa 1999.
- [2.] Korewa W., Zygmunt K., Podstawy konstrukcji maszyn, T2, WNT, W-wa 1975.
- [3.] Mazanek E.: Przykłady obliczeń z podstaw konstrukcji maszyn T. 2. WNT Warszawa 2005.
- [4.] Skoć A., Spałek J., Markusik S.: Podstawy Konstrukcji Maszyn T. 2. WNT Warszawa 2008.