
Politechnika Lubelska



MECHANIKA

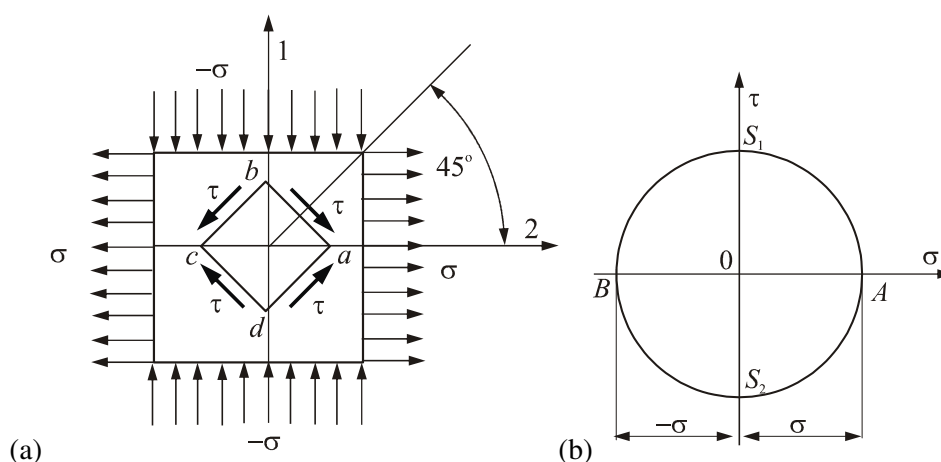
Laboratorium wytrzymałości materiałów ...

Ćwiczenie 19 - Ścinanie techniczne połączenia klejonego

Przygotował: Andrzej Teter
(do użytku wewnętrznego)

Ścinanie techniczne połączenia klejonego

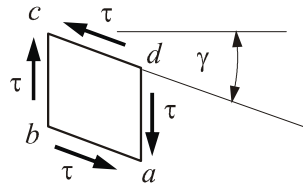
Czyste ścinanie



Rys. 1

Czyste ścinanie jest szczególnym przypadkiem płaskiego stanu naprężenia, w którym działają w kierunkach głównych (1) i (2) równe co do wartości naprężenia normalne, ale o przeciwnych znakach: $\sigma_y = -\sigma_x = \sigma$ (rys. 1a). **Koło Mohra dla czystego ścinania** przedstawiono na rys. 1b. Maksymalne naprężenie ścinające występują w płaszczyznach usytuowanych pod kątem 45° lub -45° do kierunków głównych. W punkcie S_1 mamy $\tau_1 = \sigma$ oraz $\tau_2 = -\sigma$ dla punktu S_2 . Naprężenia normalne w tych kierunkach są równe zero. Oznacza to, że element $abcd$ obrócony o kąt 45° względem kierunków głównych jest obciążony wyłącznie naprężeniami ścinającymi, znajduje się więc w stanie **czystego ścinania**. Odkształcenia elementu $abcd$ pokazanego na rys. 2 opisuje **kąt odkształcenia postaciowego γ** . Jak widać odkształcenia wzdłużne ε_1 i ε_2 w kierunkach przekątnych ac i bd elementu $abcd$ muszą być geometrycznie związane z kątem odkształcenia postaciowego γ . Dowodzi się, że:

$$\varepsilon = \varepsilon_1 = -\varepsilon_2 = \frac{\gamma}{2} \quad (1)$$



Rys. 2

Z warunku tego wynika bardzo ważna zależność pomiędzy modułem ścinania G , modułem Younga E oraz liczbą Poissona ν :

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad (2)$$

W zakresie sprężystym kąt odkształcenia postaciowego γ jest proporcjonalny do naprężenia ścinającego τ :

$$\gamma = \frac{\tau}{G} \quad (3)$$

Współczynnik proporcjonalności G jest nazywany **modułem odkształcenia postaciowego** lub **modułem Kirchhoffa**. Podobnie jak moduł sprężystości podłużnej E , moduł odkształcenia postaciowego ma wymiar naprężeń [MPa]. Zależność (3) nazywana jest **prawem Hooke'a dla ścinania**.

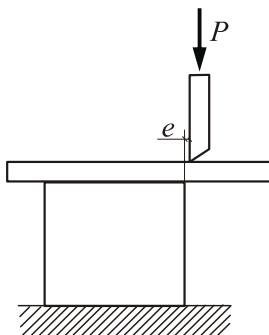
Szczególnym przypadkiem czystego ścinania jest skręcanie, które będzie omówione w innym ćwiczeniu. Wartość modułu odkształcenia postaciowego G analogicznie jak moduł Younga wyznacza się w statycznej próbie skręcania.

Ścinanie techniczne

Czyste ścinanie praktycznie nie występuje w warunkach warsztatowych, gdyż w procesie cięcia (wykrawania) obok dominujących naprężeń stycznych wywołanych ścinaniem występują naprężenia normalne wywołane zginaniem lub rozrywaniem materiału. Na rys. 3 pokazano taki przypadek cięcia. Praktycznie proces ten realizowany jest w ten sposób, że siła tnąca P jest przesunięta o małą wartość $e > 0$. Występowanie tego przesunięcia usprawiedliwiają czynniki technologiczne, które nie dopuszczają uderzania ostrzy o siebie w procesie cięcia. Każde uderzenie tępi narzędzia i skraca ich żywotność podnosząc koszty procesu. Takie przypadki ścinania, gdy w badanym przekroju działają jednocześnie naprężenia ścinające i normalne, jednakże tylko naprężenia styczne mają decydujące znaczenie nazywa się **ścinaniem technicznym** lub **ścinaniem technologicznym**. Ścinanie techniczne może wystąpić w połączeniach: klejowych, nitowych, spawanych, sworzniovych, kołkowych, wpustowych, klinowych i w wybranych połączeniach śrubowych. Wówczas obliczenia wytrzymałościowe takich połączeń opierają się na następujących założeniach:

- w przekroju poprzecznym występuje wyłącznie siła tnąca T ;

- naprężenia ścinające powstające w przekroju poprzecznym są rozłożone równomiernie w całym przekroju;
- w przypadku gdy łączone elementy połączone są kilkoma elementami łączącymi, wówczas zakłada się, że wszystkie te elementy są jednakowo obciążone.

**Rys. 3**

Na podstawie przyjętych założeń warunek wytrzymałości na ścinanie techniczne ma postać:

$$\tau_{sr} = \frac{T}{F} \leq k_t, \quad (4)$$

gdzie: τ_{sr} – średnie naprężenia tnące ścinające połączenie; T – siła tnąca przypadająca na połączenie; F – pole powierzchni ścinanego przekroju; k_t – naprężenia dopuszczalne na ścinanie dla danego materiału, np. dla stali konstrukcyjnej $k_t = (0,6 \div 0,65) k_r$.

Połączenia klejone

Połączenia klejone są najprostszym sposobem dokonywania połączeń nierozłącznych. Do ich wykonania nie potrzeba żadnych narzędzi. Dobrze wykonane często przenoszą większe obciążenie niż elementy łączone. Postęp w procesie wytwarzania klejów, pozwolił w warunkach warsztatowych trwale łączyć różne materiały. Połączenia te są szczelne i odporne na czynniki zewnętrzne. Dodatkowo wytworzono kleje wieloskładnikowe, które z łatwością można stosować w różnych środowiskach i warunkach np. wysokich i niskich temperaturach, w obecności i przy braku tlenu, itp. Połączenia klejone nie przewodzą prądu, a więc nie występuje zjawisko korozji złącza.

W celu uzyskania połączenia klejonego odpowiedniej jakości należy bezwzględnie przestrzegać zaleceń producenta. Podstawową rolę odgrywa jakość przygotowania powierzchni łączonych. Mała chropowatość lub zabrudzenia zmniejszają siłę przylegania kleju do łączonych elementów i zniszczenie połączenia następuje poprzez ścięcie kleju od podłoża (zniszczenie adhezyjne). Dodatkowo łączone powierzchnie muszą być idealnie czyste (odtłuszczone), a grubość naniesionych warstw kleju możliwie najmniejsza. Optymalna grubość to

0,05-0,2 mm. Gruba warstwa kleju obniża wytrzymałość połączenia, ponieważ jego zniszczenie następuje przez ścięcie samego kleju (zniszczenie kohezyjne).

Projektując połączenia klejone należy pamiętać o tym, aby spoina poddana była wyłącznie działaniu naprężeń tnących. Obecność naprężeń normalnych powodujących rozrywanie istotnie wpływa na zmniejszenie wytrzymałości połączenia.

Rozkład naprężeń ścinających spoinę klejową nie jest równomierny, wynika to z faktu że sztywność łączonych elementów nie jest jednakowa. Największe wartości naprężenia stycznego występują na początku i końcu połączenia i maleją ku środkowi. W projektowaniu połączeń wprowadza się współczynnik spiętrzenia naprężeń, który opisuje wpływ długości połączenia, podatności łączonych elementów, grubości spoiny i stałych materiałowych. Szczegóły można znaleźć w podręcznikach z zakresu PKM np. [5]. W warunkach warsztatowych wystarczy przyjąć wzór przybliżony (4), w zależności od znaczenia połączenia korygując współczynnik bezpieczeństwa, a tym samym naprężenia dopuszczalne.

**Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny
Katedra Mechaniki Stosowanej
Laboratorium Wytrzymałości Materiałów**

<i>Imię i nazwisko</i>	<i>Grupa</i>	<i>Data wykonania</i>	<i>Prowadzący</i>	<i>Ocena</i>

Laboratorium Wytrzymałości Materiałów

Ścinanie techniczne połączenie klejonego

1. Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest powtórzenie wiedzy z zakresu ścinania oraz doświadczalne określenie wytrzymałości połączeń klejonych. Dodatkowo sprawdzenie wpływu sposobu wykonania połączenia na jego wytrzymałość.

2. Opis stanowiska badawczego

Badanie doświadczalne połączeń klejonych wykonywane jest na stanowisku badawczym składającym się ze zrywarki Z100 firmy Zwick oraz zestawu komputerowego. Dodatkowo do pomiarów próbki na stanowisku znajdują się przyrządy pomiarowe: suwmiarka oraz śruba mikrometryczna. Prowadzona będzie próba ścinania połączenia oraz rozrywania na specjalnie przygotowanych próbkach.

3. Przebieg ćwiczenia

1. Grupa studencka odrabiająca ćwiczenie jest zobligowana do przyniesienia dowolnego kleju uniwersalnego do łączenia stali, drobnego papieru ściernego i rękawiczek jednorazowych.
2. Dokonać pomiaru klejonych powierzchni. Należy pamiętać, aby powierzchnie spoin pracujących na rozrywanie i ścinanie były jednakowe.
3. Zgodnie z zaleceniami prowadzącego przygotowujemy powierzchnię do klejenia, a następnie kleimy elementy. Zachowujemy BHP przy pracy.
4. Sklejone próbki mocujemy w uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej i określamy wytrzymałość połączenia.
5. Metodą organoleptyczną sprawdzamy jakość połączenia i obecność wad np. niedoklejeń.
6. Po ćwiczeniu próbki należy oczyścić i oddać prowadzącemu.

4. Opracowanie wyników i wykonanie sprawozdania

- 1) W celu określenia wytrzymałości połączeń klejonych należy:
 - a) Narysować wykres rozciągania dla sklezionej próbki.
 - b) Określić maksymalne naprężenia zrywające dla spoiny ścinanej i rozrywanej. Porównać wytrzymałości.
 - c) Opisać rodzaj zniszczenia złącza.
 - d) Porównać wyniki dla różnych klejów według wskazówek prowadzącego.

5. Zwymiarowany zarysy łączonych elementów

6. Wymiary powierzchni klejonych:

7. Wyniki pomiarów i obliczeń:*Tabela 1*

Lp	Powierzchnia próbki.	Siła zrywająca	Wytrzymałość na rozrywanie.
	[...]	[...]	[...]
Próbka 1			
Próbka 2			

8. Wykres rozciągania dla próbek (1) i (2).**9. Wnioski i uwagi końcowe.**