
Criterios de Resistencia

Clase 19

Solicitaciones compuestas



Algunas definiciones..

Falla: ocurre cuando un miembro estructural o una estructura cesa de ejecutar la función para la cual fueron diseñados.

Factor de Seguridad: es un número mayor que uno que indica cuantas veces se debe aumentar simultáneamente todas las componentes del estado tensional para que se convierta en estado límite.

Segunda Definición de “Factor de Seguridad”: es la razón de la carga de falla a la carga de trabajo.

TENSIÓN EQUIVALENTE: (tensión patrón de comparación) tensión que se debe aplicar a la barra traccionada para que el estado tensional de la barra sea e igualmente peligroso al estado tensional dado.

Algunas definiciones..

Estados Mecánicos:

- ❑ **Elásticos:** comportamiento lineal (Ley de Hooke)
- ❑ **Plásticos:** aparecen deformaciones permanentes
- ❑ **Rotura:** destrucción

ESTADO TENSIONAL: es el vector *tensión* en un punto dado de un material, debido a la acción de las cargas aplicadas al mismo.

ESTADO TENSIONAL LÍMITE: es una propiedad del material. Es cuando en un punto dado del material hay cambio de Estado Mecánico.

Modos de Falla y Criterios de Diseño (1/3)

■ Ruptura por carga estática:

- ❑ Cuando es un material frágil, suele ser de naturaleza súbita y completa, y probablemente empiece por una grieta en zona de alta concentración de tensiones.
- ❑ En materiales dúctiles ocurre como consecuencia de una acción inelástica excesiva que conduce a deformaciones totales muy grandes.

■ Ruptura por carga repetida:

- ❑ Este modo de falla, sin importar si es un material dúctil o frágil, no ocurre deformación inelástica apreciable.
- ❑ La falla se inicia por una imperfección microscópica en una zona altamente esforzada, y la grieta resultante se va extendiendo a medida que aumentan las repeticiones.

Modos de Falla y Criterios de Diseño (2/3)

■ **Fluencia General:**

- ❑ Cuando el material pierde su capacidad de soportar carga. Solo ocurre en materiales frágiles.
- ❑ La Fluencia **Localizada** es diferente a la **General**, ocurre en materiales dúctiles, y es cuando se producen deformaciones localizadas que no se extienden por todo el material.

■ **Deformación elástica excesiva:**

- ❑ El concepto de excesivo depende de los criterios de diseño y funcionalidad de la estructura.
- ❑ La falla ocurre antes del límite elástico.

Modos de Falla y Criterios de Diseño (3/3)

■ **Deformación inelástica excesiva:**

- ❑ El concepto de excesivo depende de los criterios de diseño y funcionalidad de la estructura.
- ❑ La falla ocurre más allá del límite elástico.

■ **Pandeo:**

- ❑ Es cuando el miembro se vuelve inestable.
- ❑ Ocurre imprevistamente y en puede ocurrir rápidamente, por lo que pueden ser de naturaleza catastrófica.

Bibliografía: Ver Mecánica de Cuerpos Deformables, Edward F. Byars y Robert D. Snyder, Universidad de West Virginia - USA

TEORIAS DE LOS ESTADOS TENSIONALES LÍMITES

– TEORÍA DE RESISTENCIA

TENDENCIAS:

- ❑ Hipótesis de Resistencia (criterios de estado límites);
- ❑ Descripción fenomenológica del problema.

TENSIÓN EQUIVALENTE: (tensión patrón de comparación) tensión que se debe aplicar a la barra traccionada para que el estado tensional de la barra sea igualmente peligroso al estado tensional dado.

CRITERIOS DE RESISTENCIA

(Teorías de Falla)

1. Teorías basadas en tensiones o deformaciones

- a) Teoría de la máxima tensión normal
- b) Teoría del máximo alargamiento
- c) Teoría de la máxima deformación lineal
- d) Teoría de la máxima tensión tangencial

2. Teorías basadas en el rozamiento interno

- a) Teoría de Coulomb
- b) Teoría de Mohr

3. Teorías basadas en la Energía de Deformación

- a) Teoría de la energía total
- b) Teoría de la energía de distorsión (Teoría de la tensión tangencial octaédrica)

TEORÍA DE LA MÁXIMA TENSION NORMAL (De Lamé o Rankine)

La máxima tensión de tracción, y la máxima tensión de compresión, no deben ultrapasar las tensiones obtenidas respectivamente, en los ensayos de tracción y compresión simple.

$$\sigma_{1,2} = \frac{\sigma_x + \sigma_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\sigma_x - \sigma_y}{2}\right)^2 + \tau_{xy}^2} \leq \frac{\sigma_f}{N}$$

TEORÍA DE LA MÁXIMA TENSION TANGENCIAL (De Coulomb o Ley de Guest)

La máxima tensión tangencial no debe ultrapasar la mitad de la tensión límite de tracción determinada en el ensayo de tracción simple.

$$\tau_{\max} = \frac{G_1 - G_2}{2} \leq \frac{G_f}{2N}$$

TEORÍA DEL MÁXIMO ALARGAMIENTO (De Saint Venant o Poncelet)

El máximo alargamiento no debe ultrapasar el alargamiento límite observado en el ensayo de tracción simple.

$$\epsilon_{\max} = \frac{\sigma_1}{E} - \mu \frac{\sigma_2}{E} - \mu \frac{\sigma_3}{E} = \frac{1}{E} \left(\sigma_1 - \mu \sigma_2 - \mu \sigma_3 \right)$$

TEORÍA DE LA MÁXIMA DEFORMACIÓN LINEAL (De Grashof y Résal)

El mayor alargamiento no debe ultrapasar la máxima deformación lineal, positiva o negativa, observada en los ensayos de tracción simple y compresión simple.

$$\epsilon_{\text{max}} = \pm \frac{\sigma_1}{E} \mp \mu \frac{\sigma_2}{E} \mp \mu \frac{\sigma_3}{E} = \pm \frac{1}{E} \frac{\sigma_1}{N}$$

TEORÍA DE LA ENERGÍA TOTAL O DEL MÁXIMO TRABAJO DE DEFORMACIÓN (de Beltrami y Haigh)

El material resiste hasta que la energía total de deformación por unidad de volumen alcance un valor límite constante para cada material, igual a la energía total absorbida por unidad de volumen al alcanzarse el límite elástico del material en el ensayo común de la tracción simple.

$$w = \frac{1}{2E} [G_1^2 + G_2^2 + G_3^2 - 2\mu(G_1G_2 + G_2G_3 + G_3G_1)] = w_1 = \frac{1}{2} \frac{G_f^2}{E}$$

$$\sqrt{G_1^2 + G_2^2 + G_3^2 - 2\mu(G_1G_2 + G_2G_3 + G_3G_1)} = \frac{G_f}{N}$$

TEORÍA DE LA ENERGÍA TOTAL DE DISTORSIÓN O DEL MÁXIMO TRABAJO DE DISTORSIÓN (de Huber, von Mises y Henckey)

El material resiste hasta que la energía total de distorsión alcance un valor límite, constante para cada material, igual a la energía de distorsión por unidad de volumen absorbida al alcanzarse el límite elástico del material en el ensayo común de la tracción simple.

$$w_d = \frac{1+\mu}{6E} (|G_1 - G_2|^2 + |G_2 - G_3|^2 + |G_3 - G_1|^2) = w_{de} = \frac{1+\mu}{3E} G_f^2$$

$$\sqrt{\frac{1}{2} (|G_1 - G_2|^2 + |G_2 - G_3|^2 + |G_3 - G_1|^2)} = \frac{G_f}{N}$$

TEORÍA DE LA MÁXIMA TENSION TANGENCIAL OCTAÉDRICA

El material resiste hasta que la tensión tangencial en los planos octaédricos (planos que forman ángulos iguales con los tres planos principales) alcance un valor límite, constante para cada material e igual al valor tangencial octaédrica al alcanzarse el límite elástico del material en una probeta de ensayo común a tracción.

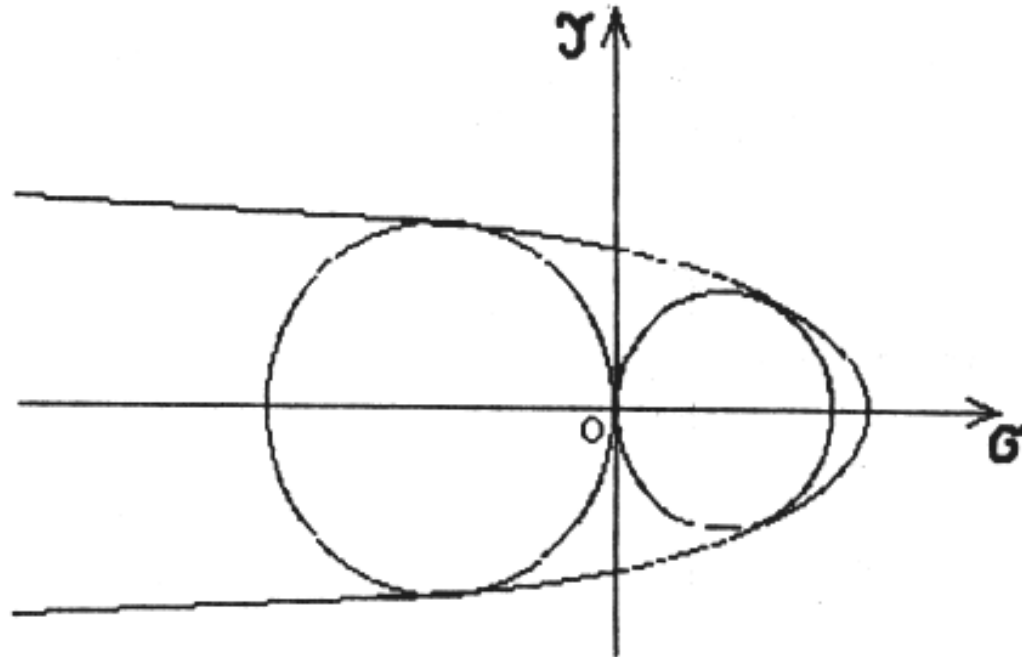
$$\tau_{G_{\max}} = \frac{1}{3} \sqrt{[G_1 - G_2]^2 + [G_2 - G_3]^2 + [G_3 - G_1]^2} = \frac{\sqrt{2}}{3} \frac{G_f}{N}$$

$$\sqrt{\frac{1}{2} [G_1 - G_2]^2 + [G_2 - G_3]^2 + [G_3 - G_1]^2} = \frac{G_f}{N}$$

La teoría de la máxima tensión octaédrica equivale a la teoría de la energía total de distorsión.

TEORÍA DE MOHR

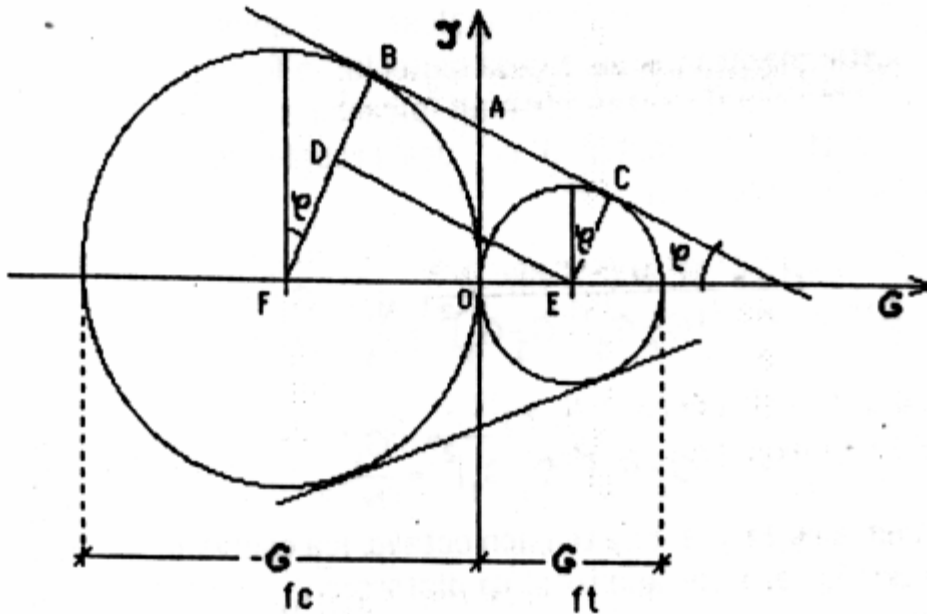
El círculo representativo del estado de tensiones debe situarse en el interior de una curva que es la envolvente de los círculos, obtenidos experimentalmente, relativos a los estados límites.



Su planteamiento está basado en la explicación lógica del problema, sin preocuparse en explicar el fenómeno de la falla.

TEORÍA DE COULOMB

La tensión tangencial debe ser menor o en el máximo igual a $\tau_0 - \mu \cdot \sigma$, donde σ es la tensión normal que actúa en el plano de corte y τ_0 y μ son constantes del material, análogas a un índice de cohesión y un coeficiente de rozamiento.



$$\underline{\tau \leq \tau_0 - \mu \sigma}$$

$$\tau_0 = OA = \frac{1}{2} \sqrt{-G_{fc} G_{ft}}$$

$$\mu = \operatorname{tg} \varphi = - \frac{G_{ft} + G_{fc}}{2 \sqrt{-G_{ft} G_{fc}}}$$

CRITERIO DE RESISTENCIA

$$G_1 + G_2 \frac{G_{ft}}{G_{fc}} \leq \frac{G_{ft}}{N}$$

ORIENTACIÓN PRÁCTICA

a) Materiales Frágiles

Se adopta la Teoría de Coulomb que es la que más se aproxima a la de Mohr.

En una primera aproximación es posible aplicar la Teoría de la Máxima Tensión Normal o la Teoría del Máximo Alargamiento Lineal.

b) Materiales dúctiles

En una primera aproximación es posible aplicar la Teoría de Coulomb, o la Teoría de la Máxima Tensión Tangencial que le es equivalente cuando en los ensayos de tracción y compresión simple, la tensión admisible a la tracción es igual a la tensión admisible a la compresión.

Si se quiere una mayor exactitud se debe emplear la Teoría de la Máxima energía de Distorsión o la Teoría de la Tensión Tangencial Octaédrica, que le es equivalente

Teoría	Materiales	Enunciado	Limitaciones	Observaciones
Esfuerzo Normal Máximo	Frágiles	Afirma que la falla ocurre en un cierto punto de un cuerpo, solo cuando en ese punto el esfuerzo normal máximo alcanza un valor límite.	<ol style="list-style-type: none"> 1.No toma en cuenta el tipo de esfuerzo normal (tracción o compresión) ni la orientación 2.Solo válida para materiales isótropos 	Es más exacta que la de “Energía Total Máxima” para materiales frágiles
Esfuerzo cortante máximo	Dúctiles	Afirma que la falla ocurre cuando en algún punto de un cuerpo cargado el valor del esfuerzo cortante máximo en dicho punto alcanza un valor límite.	<ol style="list-style-type: none"> 1.En materiales cuyos esfuerzos cortantes son grandes y no sometido a esfuerzos triaxiales hidroestáticos. 2.No tiene en cuenta la orientación del esfuerzo 3.Solo válida para materiales isótropos 	Ampliamente usada en diseño de estructuras de acero
Teoría de la deformación axial máxima		Afirma que la deformación axial y no el esfuerzo es el criterio de falla de un material. La máxima deformación lineal, positiva o negativa, no debe superar lo observado en un ensayo de tracción simple o compresión simple.	<ol style="list-style-type: none"> 1.Se debe conocer la ley general de tensión - deformación. Con inconvenientes para roturas plásticas. 2.No tiene en cuenta la orientación de las deformaciones principales 3.Solo válida para materiales isótropos 	Raramente es utilizada en diseño moderno

Teoría	Materiales	Enunciado	Limitaciones	Observaciones
Teoría de la Energía Total Máxima o del Máximo Trabajo de Deformación	Muy frágiles o inicio de fluencia en dúctiles	Establece que la falla ocurre cuando la energía total por unidad de volumen alcanza un valor límite.	1.De aplicación compleja cuando el estado de esfuerzo es arbitrario y el material anisótropo. 2.La de Esfuerzo Normal es mejor que para materiales frágiles y para inicio de fluencia es más exacta la de Máxima Energía de Distorsión	Considera orientación del esfuerzo por manejar una cantidad escalar
Teoría de la Energía de Distorsión o del máximo Trabajo de Distorsión, o de la Máxima tensión Tangencial Octaédrica.	Dúctiles	Establece que la falla ocurre cuando la energía de distorsión por unidad de volumen alcanza un valor límite.	1.De aplicación compleja cuando el estado de esfuerzo es arbitrario y el material anisótropo.	Considera orientación del esfuerzo por manejar una cantidad escalar. Parece ser la más exacta para materiales dúctiles.
Teoría de MOHR	Todos	Establece que el círculo de Mohr representativo del estado de tensiones debe situarse en el interior de una curva que es la envolvente de los círculos obtenidos experimentalmente, relativos a esos límites	1.Obtención de envolvente	Es la más abarcante
Teoría de Coulomb	Todos	El círculo de Mohr representativo del estado de tensiones debe ubicarse dentro de una envolvente a los círculos de Mohr obtenidos de dos ensayos de tracción simple y compresión simple.	•Es una simplificación de la teoría más general de Mohr.	Es ampliamente utilizada

Próxima Clase: Pandeo Elástico – Pandeo Inelástico

Fin