

ENSAYOS DE TRACCIÓN

El ensayo de tracción es uno de los más empleados. Consiste en someter una probeta de forma y dimensiones determinadas a un esfuerzo de tracción en la dirección de su eje, hasta romperla.

Las probetas empleadas son generalmente barras de sección regular y constante casi siempre circulares. Sus extremidades son de mayor sección, para facilitar la fijación de la probeta a la máquina que ha de producir el esfuerzo de tracción.

En las probetas se hacen dos marcas entre las cuales se mide la longitud, que se denomina calibrada. Esta longitud puede dividirse en partes iguales para medir las deformaciones a lo largo de la probeta.

Para que los resultados de los ensayos sean comparables, deben ser las probetas utilizadas geométricamente semejantes, pues sólo entonces, bajo las mismas cargas, se obtendrán deformaciones proporcionales.

Es decir, que si L es la longitud de la parte calibrada, y S la sección constante, entre esta sección y la longitud de las probetas deberá existir la misma relación:

$$L = K (S)^{1/2}$$

La probeta normal DIN tiene un diámetro de 20 mm., una sección de 314 mm² y una longitud entre puntos de 200 mm.

O sea, $L = 10 d$.

El coeficiente K será igual a:

$$200$$

$$K = \frac{200}{(314)^{1/2}} = 11,3$$

$$(314)^{1/2}$$

En España y Francia se emplea como probeta normal la de diámetro $d = 13,82$ mm.

sección $S = 150$ mm² y distancia entre puntos 100 mm., o sea, $L = 7,25 d$. con un coeficiente K de:

$$200$$

$$K = \frac{200}{(150)^{1/2}} = 8,16$$

(150)1/2

REALIZACIÓN DE LOS ENSAYOS DE TRACCIÓN

Los ensayos de tracción, de compresión y flexión pueden realizarse con una máquina Universal Arnsler o similar, cuyo émbolo, movido hidráulicamente, produce tracciones, compresiones y flexiones a voluntad, aplicando las cargas deseadas a la probeta colocada y sujeta en la máquina por medio de mordazas adecuadas.

ENSAYOS DE TRACCIÓN EN EL CAMPO ELÁSTICO

Cuando una barra o una probeta somete a un esfuerzo de tracción, sufre un alargamiento. Pues bien, la relación entre la tensión unitaria y el alargamiento producido con respecto a la longitud primitiva, permanece sensiblemente constante para un mismo material y se denomina módulo de

o módulo de elasticidad:

P / S_0

$E_m = \text{-----}$

l / l_0

Por ejemplo: una probeta de sección de 150 mm² y de longitud entre puntos de 100 mm., es sometida a un esfuerzo de tracción lento y progresivo que le produce una deformación elástica de 0,1 mm. cuando el esfuerzo de tracción total es de 3.000 Kg.

El módulo elástico será:

$P / S_0 = 3000 / 150$

$E_m = \text{-----} = \text{-----} = 20.000 \text{ Kg} / \text{mm}^2$

$l / l_0 = 0.1 / 100$

El módulo de Young es aproximadamente igual a 20.000 para todos los aceros, cualquiera

que sea su composición y estructura, no siendo las variaciones superiores a = 10 %

Si se siguen aplicando tensiones crecientes a la probeta, llega un momento en que los

alargamientos dejan de ser proporcionales a la carga aplicada. Hay un punto a partir del cual parece como si hubiera desconexión molecular, y con incrementos de carga más pequeños se producen alargamientos mayores. Si se representan en coordenadas cartesianas, en el eje de las ordenadas la tensión aplicada, y en el eje de las abscisas el incremento de la longitud, observaremos que hasta un punto e límite del campo elástico la representación es sensiblemente una recta. Pero a partir de e, se inicia una curva entrándose en el campo plástico.

El valor de la tensión en el punto e es E_a , y se denomina límite aparente de elasticidad, o límite de proporcionalidad.

El límite verdadero seguramente es inferior a este valor, que se habrá tenido que rebasar para poder apreciar la falta de proporcionalidad entre el aumento de carga y el alargamiento.

ENSAYOS DE TRACCIÓN EN EL CAMPO ELÁSTICO (Medidas de R, A y e)

Una vez que la tensión a que se ha sometido la probeta pasa el límite de elasticidad, o de proporcionalidad entre las cargas y los alargamientos, hay algunas fluctuaciones en la curva, entrándose en el denominado período plástico-elástico.

A partir del punto f_s , que es el límite superior de fluencia, los alargamientos aumentan rápidamente sin necesidad de aumentar la tensión hasta un punto f_i , que se denomina límite inferior de fluencia.

A partir de este punto, vuelve a ser necesario aumentar la carga durante un período que se conoce por el nombre de período de fortalecimiento, hasta alcanzar un valor máximo de la tensión R , que se denomina tensión de rotura, aunque la rotura propiamente dicha no se produzca en este punto, sino después de un período durante el cual la probeta se estira rápidamente, reduciéndose sensiblemente su sección hasta que se produce la rotura bajo un esfuerzo menor que la tensión antes citada.

LÍMITE DE ELASTICIDAD

Se conoce con el nombre de límite elástico o límite de elasticidad a la tensión máxima (carga máxima por unidad de sección) que puede soportar un metal sin sufrir deformación permanente.

En la práctica es muy difícil determinar por medio de ensayos este límite elástico tal como se ha definido. Y por eso, precisamente, se acepta como límite elástico el valor de la carga que rebasa ligeramente la elasticidad produciendo una deformación muy pequeña y perfectamente medible. En general se emplea el límite elástico 0,2, que se representa $E_{0,2}$, y es la tensión que produce una deformación permanente del 0,2 %.

Para determinarlo, se somete la probeta a cargas que aumentan en 1 Kg/mm², manteniéndolas durante 10 segundos y midiendo los alargamientos permanentes después de suprimir las cargas. Cuando éstos sean superiores al 0,2 % de la longitud inicial, se detiene el ensayo, obteniendo la carga que haya producido el alargamiento del 0,2 % por interpolación. de una probeta de acero.

Para muchas aplicaciones, resulta más útil que determinar el límite de elasticidad, comprobar solamente si supera un valor mínimo para un material determinado. En este caso el ensayo se limita a someter la probeta, durante 10 segundos, a la tensión fijada y comprobar si, una vez descargada, la deformación permanente es inferior o superior al 0,2 de la distancia entre puntos.

El límite elástico tiene una gran importancia en los proyectos mecánicos, no sólo para el cálculo de muelles, que son los elementos elásticos por excelencia, sino para el cálculo de toda clase de elementos, de aparatos, máquinas y estructuras, pues se ha de tener en cuenta que las piezas se dimensionan para que trabajen por debajo del límite de elasticidad, ya que no interesa que adquieran deformaciones permanentes.

ALARGAMIENTO

El ensayo de tracción para la determinación del alargamiento se realiza aumentando

progresivamente la tensión en 1 Kg/mm² por segundo, de manera que se produzcan alargamientos máximos de 0,3 % por minuto en el período elástico. En el período plástico la velocidad de aumento de carga no será superior a la que produzca una deformación por minuto igual al 25% de la distancia entre puntos. Si no interesa hallar el límite de elasticidad, puede mantenerse esta misma velocidad durante todo el ensayo.

Una vez rota la probeta, se unen las dos partes y se mide la distancia entre marcas se denomina alargamiento al experimentado por la probeta, expresado en tanto por ciento de la longitud inicial entre puntos:

L1 Lo

$$A = \frac{L - L_0}{L_0} \times 100$$

Lo

siendo L0 la longitud inicial o distancia entre marcas de la probeta y L, su longitud final.

El alargamiento que se produce es distinto según la posición de la sección de rotura

y será tanto menor cuanto más cerca se halle de uno de los extremos. Por esta razón sólo es aplicable la formula anterior cuando la rotura haya tenido lugar en el tercio central de la probeta.

Pueden, sin embargo, utilizarse todos los ensayos de alargamiento, aunque se rompan las probetas fuera del tercio central, si se marcan previamente, dividiendo su longitud entre las marcas extremas, en un número de partes iguales. Después se procede según se indica en la norma UNE 7-262-73.

En vez de referirse a la distancia inicial entre marcas Lo, se define la deformación real como la variación en la dimensión dividida por el valor instantáneo de la misma. Es decir:

dL L1 S0

$$e = \frac{L - L_0}{L} = \frac{L_n - L_0}{L_n} = \frac{L_n - L_0}{L_n}$$

L L0 S1

dado que el volumen permanece constante durante la deformación plástica y $L_1 S_1 = L_0 S_0$.

De igual modo se define el esfuerzo real como el cociente entre la carga P que soporta el material y el área instantánea S.

Así, el esfuerzo real continúa aumentando después de producirse estricción debido a que, aunque la carga requerida disminuye, el área transversal de la probeta disminuye aún más. Las curvas A y B de la figura 4 se diferencian en que la curva A muestra el esfuerzo real para cada deformación, mientras que en la curva B se mide la carga dividida por la sección inicial de la probeta.

La diferencia entre las curvas de esfuerzo-deformación convencional y real se aprecia al iniciarse la deformación plástica y se hace muy importante a partir del inicio de la estricción.

La deformación real es de utilidad en relación con temas de conformación de metales y plasticidad.

ESTRICCIÓN

Estricción es la disminución de la sección en la fractura de una probeta rota por alargamiento. Se expresa en tanto por ciento de la sección inicial, o sea:

S0 - S1

$$= \frac{S_0 - S_1}{S_0} \times 100$$

S0

siendo S0 la sección inicial y S1 la sección de rotura.

La rotura de una probeta puede producirse de dos maneras:

a) Después de la deformación elástica. Entonces la rotura se produce bruscamente sin deformación aparente en su sección, es decir, sin estricción. Esta clase de roturas se produce cuando los materiales son poco dúctiles o cuando sus estructuras están en estado de tensión.

b) Después de la deformación plástica. En este caso, la probeta disminuye de sección sensiblemente en las proximidades de la sección de rotura.

Si las probetas son de sección circular, como ocurre generalmente, puede calcularse

su área por la conocida fórmula:

$$S = \frac{\pi}{4} D^2$$

4

Pudiendo transformarse la fórmula de la estricción así:

$$S_0 - S_1 \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 = \frac{\pi}{4} D_1^2 \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 - \frac{\pi}{4} D_1^2$$

$$= \frac{S_0 - S_1 \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2}{\frac{\pi}{4} D_1^2} \times 100 = \frac{S_0 - S_1 \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2}{\frac{\pi}{4} D_1^2} \times 100 =$$

$$S_0 \left(\frac{D_0}{D_1} \right)^2 - S_1$$

Siendo D0 el diámetro inicial y D1 el diámetro de la sección rota.

RESISTENCIA A LA ROTURA

La resistencia a la rotura no es una propiedad, sino el resultado de un ensayo que da la tensión, o carga necesaria por unidad de sección para producir la rotura del metal ensayado. Se valora en Kg / cm² o en Kg / mm².

Como la rotura de un metal puede producirse por tracción, por compresión, por torsión o por cizallamiento, habrá una resistencia a la rotura por tracción, otra por compresión, otra por torsión y otra por cizallamiento.

Hemos visto en el párrafo 1 que al rebasar una carga E, que denominamos límite elástico, se empieza el metal a deformar permanentemente, es decir, que el metal salta del periodo elástico al periodo o zona plástica. A partir del punto citado, para que la deformación aumente, debe ir aumentando también la carga hasta que, al llegar a la carga R, el metal se sigue deformando sin aumento de carga, hasta que se rompe. Si denominamos R a la resistencia a la rotura del material, E al límite elástico y P a la carga que es preciso suplementar a E para producir la rotura del metal, tendremos, evidentemente, que:

$$R = E + P,$$

es decir, que la resistencia a la rotura R se compone de la carga límite de elasticidad E y del suplemento de carga aplicado a la zona plástica P.

Hacemos resaltar esto porque si bien hemos indicado antes, en el parágrafo 2 que se calculan las piezas metálicas para que trabajen sin llegar al límite elástico y evitar así que en su trabajo normal se deformen permanentemente, interesa también que los metales tengan una zona plástica de reserva, cuya carga P pueda absorber sobrecargas accidentales que deformarán el metal, pero no llegarán a romperlo si no rebasan la carga P .

Los parachoques de los automóviles son, en general, de acero, y los pequeños golpes los encajan sin deformarse permanentemente, porque no rebasan su límite elástico. Pero si un automóvil, por accidente, choca violentamente contra un árbol, el parachoques se deforma, pero, en general, no se rompe, porque absorbe en su zona plástica la sobrecarga accidental.

ENSAYOS DE TORSIÓN

Los ensayos de torsión resultan útiles para probar la resistencia de ejes y otras piezas que deben trabajar a torsión.

No existen normas sobre tipos de probetas ni sobre la forma de realizar los ensayos de torsión. La A.S.T.M. ha publicado solamente una Tentativa de recomendaciones para los ensayos de torsión de hierro fundido.

Las máquinas utilizadas para los ensayos de torsión constan de un cabezal provisto de un mecanismo capaz de aplicar un movimiento de giro regulable a un extremo de la probeta sujeta a su eje y un apoyo de fijación para inmovilizar el otro extremo de la probeta. La máquina lleva además un dispositivo para medir el giro de un extremo de la probeta con respecto al otro.

Las probetas pueden ser barras de sección circular; pero tienen el inconveniente de que los esfuerzos varían desde 0 en el eje, al máximo en la superficie. Por eso se prefieren las probetas de sección tubular, porque en ellas quedan mejor repartidos los esfuerzos.

La resistencia a la torsión se admite que es del 0,60 al 0,80 de la resistencia a la tracción.

ENSAYOS DE FLEXIÓN ESTÁTICA

Consiste este ensayo en someter probetas de sección cuadrada o rectangular, apoyadas libremente por los extremos, a un esfuerzo aplicado en el centro o dos iguales aplicados a la misma distancia de los apoyos.

En este ensayo se mide la deformación del eje de la pieza o la flecha que se produce en el centro de la probeta, donde alcanza un valor máximo. Para que las medidas sean rigurosas se han de tener en cuenta también los desplazamientos de los apoyos bajo el esfuerzo empleado para producir la flexión, a_1 y b_1 .

Estas deformaciones se miden con aparatos denominados flexímetros, que aprecian hasta 0,001 mm. Así, la deformación en el punto central será:

$$a_1 + b_1$$

$$F = c - \text{-----}$$

$$2$$

Se puede obtener un diagrama similar al de la tracción, apareciendo también un período elástico y otro plástico, aunque en general no suele llegar a producirse la rotura.

El ensayo de flexión se emplea para determinar el módulo de elasticidad colocando cargas diferentes P y

midiendo las flechas obtenidas, pues siendo las deformaciones mayores que en los ensayos de tracción, se miden más fácilmente y con mayor precisión.

El valor del módulo de elasticidad se calcula por la fórmula:

P/L^3

$E = \frac{P L^3}{48 I F}$

Siendo P la carga aportada;

L, la longitud de la probeta entre apoyos;

I, el momento de inercia de la sección transversal, y

F, la flecha medida.

Para realizar los ensayos de flexión se utiliza una máquina Amsier Universal, con los accesorios adecuados.

CÁLCULOS Y RESULTADOS

Realizado un ensayo de tracción sobre una probeta metálica de sección circular y diámetro de 12 mm según norma DIN de $k = 5,65$ con un diámetro de las cabezas de amarre de 25 mm y longitud de las cabezas de 25 mm, determinar:

- *Dimensiones de la probeta de ensayo, y croquis de la probeta.*

$$L_0 = 5 \cdot D_0 = 5 \cdot 12 = 60 \text{ mm}$$

$$L_c = L_0 + 2 D_0 = 60 + 2 \cdot 12 = 84 \text{ mm}$$

$$L_T = L_c + 2 \cdot L_{\text{cabezas}} = 84 + 2 \cdot 25 = 134 \text{ mm}$$

- *Con los datos obtenidos en el ensayo, valorar:*
- *Cedencia:*

Es el período que tiene lugar en la transición de la zona de deformación elástica a la deformación plástica y que produce un aumento rápido de deformación sin aumento de carga.

La cedencia en este caso a sido muy leve, y prácticamente no ha habido, se ha producido a una carga de 6050 Kg.

b) Resistencia a la tracción:

Es la carga unitaria máxima soportada por la probeta durante el ensayo. Cuando no puede confundirse con otras cargas, puede simbolizarse por R.

En este caso, la resistencia a la tracción máxima se ha producido con una carga de 6550 Kg.

c) Alargamiento de rotura:

Es el aumento de la distancia inicial entre puntos después de producida la rotura de la probeta y reconstruida ésta, expresado en tanto por ciento de la distancia inicial según la fórmula siguiente:

$$L_f - L_0$$

$$A = 100 \frac{L_f - L_0}{L_0}$$

$$L_0$$

El símbolo A debe completarse con la relación K entre la distancia entre puntos y el diámetro inicial de la probeta, cuando no se emplea la probeta $L_0 = \% d$ recomendada en esta norma ($K = L_0 / d$). En el caso de probetas no cilíndricas, para el cálculo de esta relación, se tomará el diámetro de una sección de igual área.

En este caso el alargamiento de rotura sería:

$$(60 + 16.5) - 60$$

$$A = 100 \frac{(60 + 16.5) - 60}{60} = 27.5 \%$$

$$60$$

e) Estricción:

Es la diferencia entre el área de la sección inicial (S_0) y el área mínima (S_f) de la probeta después de la rotura, expresada en tanto por ciento según la fórmula siguiente:

$$S_0 - S_f$$

$$Z = 100 \frac{S_0 - S_f}{S_0}$$

$$S_0$$

En este ensayo el porcentaje de estricción quedaría de la siguiente manera:

$$36 \cdot - 3.7 \cdot$$

$$Z = 100 \frac{36 \cdot - 3.7 \cdot}{36 \cdot} = 89.723 \%$$

$$36 \cdot$$

f) Análisis de la fractura:

En este ensayo, observando la sección de rotura, se ve una estructura de grano granular, es decir se ve la estructura rugosa mediante la lente reticular., y la forma en que quedan ambas partes de la probeta, son en forma de copa y de cono, o sea que pueden encajar una dentro de la otra.

3. ¿ Cómo se valora la rigidez y ductilidad del material ensayado?

Ductilidad, propiedad de un metal, una aleación o cualquier otro material que permite su deformación forzada, en hilos, sin que se rompa o astille. Cuanto más dúctil es un material, más fino es el alambre o hilo, que podrá ser estirado mediante un troquel para metales, sin riesgo de romperse.

Rigidez.

- *Por medio de hoja de cálculo excel y con los datos obtenidos, determinar:*
- *La tabla correspondiente a la deformación–carga*
- *La curva de esfuerzo de formación*
- *La curva para la obtención de límite elástico a 0.2%*
- *La curva de cedencia.*

L (mm)	Fuerza (Kg)
0	0
0,5	2700
0,7	3700
0,87	4500
1,2	5500
2,0	6050
2,3	6150
3,5	6300
5	6400
7,2	6550
9	6200
16,5	4500