

Viscosidad

Medida de la resistencia de un líquido al flujo. La unidad métrica común de la viscosidad absoluta es el equilibrio. Además de la viscosidad cinemática, hay otros métodos para determinar viscosidad, incluyendo la viscosidad universal de Saybolt (SUS), la viscosidad de Saybolt Furol, la viscosidad de Engier, y la viscosidad de la secoya. Puesto que la viscosidad varía adentro inverso con temperatura, su valor es sin setido hasta la temperatura en la cual se determina se divulga.

Viscosidad absoluta o dinámica

la fuerza necesaria para mover un plano de fluido paralelo sobre otro. Generalmente se mide con un viscosímetro rotativo y se expresa en unidades centipoise (cP). También se conoce como viscosidad dinámica. La viscosidad absoluta (cP) de un fluido es equivalente a su viscosidad cinemática (cSt) multiplicada por su densidad a la misma temperatura ($1 \text{ cP} = 1 \text{ mPa.s}$)

La unidad de viscosidad dinámica en el sistema internacional (SI) es el pascal segundo (Pa.s) o también newton segundo por metro cuadrado (N.s/m^2), o sea kilogramo por metro segundo (kg/ms): Esta unidad se conoce también con el nombre de poiseuille(Pl) en Francia, pero debe tenerse en cuenta que no es la misma que el poise (P) descrita a continuación:

El poise es la unidad correspondiente en el sistema CGS de unidades y tiene dimensiones de dina segundo por centímetro cuadrado o de gramos por centímetro cuadrado. El submúltiplo el centipoise (cP), 10^{-2} poises, es la unidad más utilizada para expresar la viscosidad dinámica dado que la mayoría de los fluidos poseen baja viscosidad. La relación entre el pascal segundo y el centipoise es:

$$1 \text{ Pa.s} = 1 \text{ N.s/m}^2 = 1 \text{ kg/(m.s)} = 10^3 \text{ cP}$$

$$1 \text{ cP} = 10^{-3} \text{ Pa.s}$$

Viscosidad cinemática

Viscosidad cinemática una medida de la viscosidad derivada del tiempo necesario para que un volumen fijo de aceite fluya a través de un tubo capilar a una determinada temperatura. Las unidades comunes son mm^2/s o centistokes (cSt), Es el cociente entre la viscosidad dinámica y la densidad: en el sistema internacional (SI) la unidad de viscosidad cinemática es el metro cuadrado por segundo (m^2/s). La unidad CGS correspondiente es el stoke (St), con dimensiones de centímetro cuadrado por segundo y el centistoke (cSt), 10^{-2} stokes, que es el submúltiplo más utilizado) donde 1 cSt equivale a la viscosidad del agua a temperatura ambiente.

$$1 \text{ m}^2/\text{s} = 10^6 \text{ cSt}$$

$$1 \text{ cSt} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$$

Viscosidad relativa

Viscosidad relativa: es la relación de la viscosidad del fluido respecto a la del agua. A 20°C la viscosidad del agua pura es de 1.002 centipoise.

Ley de Stokes

Cuando un cuerpo se mueve en el seno de un fluido viscoso la resistencia que presenta el medio depende de la velocidad relativa y de la forma del cuerpo. El régimen de flujo es laminar cuando la velocidad relativa es inferior a cierto valor crítico, la resistencia que ofrece el medio es debida casi exclusivamente a las fuerzas de rozamiento que se oponen al resbalamiento de unas capas de fluido sobre otras, a partir de la capa límite adherida al cuerpo. Se ha comprobado experimentalmente que la resultante de estas fuerzas es una función de la primera potencia de la velocidad relativa. Para el caso de una esfera, la expresión de dicha fuerza se conoce como la fórmula de Stokes.

$$F_r = 6 \pi R \eta v$$

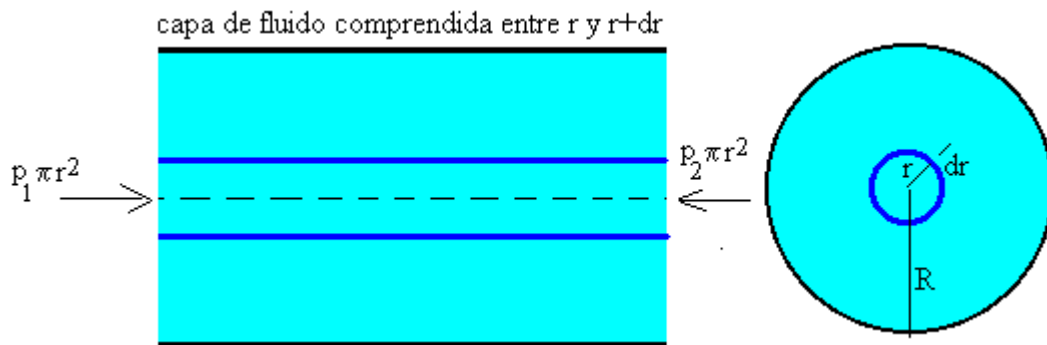
Donde R es el radio de la esfera, v su velocidad y η la viscosidad del fluido.

Una aplicación práctica de la fórmula de Stokes es la medida de la viscosidad de un fluido.

Ley de Poiseuille

Consideremos ahora un fluido viscoso que circula en régimen laminar por una tubería de radio interior R , y de longitud L , bajo la acción de una fuerza debida a la diferencia de presión existente en los extremos del tubo.

$$F = (p_1 - p_2) \pi R^2$$



Sustituyendo F en la fórmula (1) y teniendo en cuenta que el área A de la capa es ahora el área lateral de un cilindro de longitud L y radio r .

$$\frac{(p_1 - p_2) \pi r^2}{2 \pi r L} = -\eta \frac{dv}{dr}$$

El signo negativo se debe a que v disminuye al aumentar r .

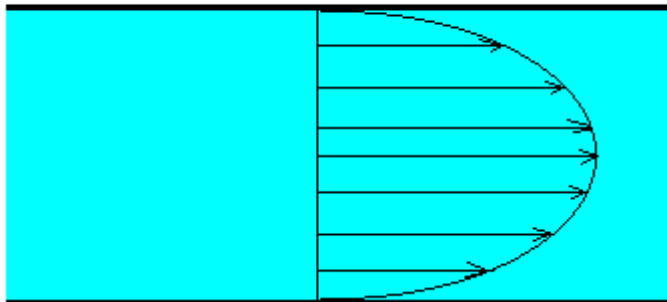
Perfil de velocidades

Integrando esta ecuación, obtenemos el perfil de velocidades en función de la distancia radial, al eje del tubo. Se ha de tener en cuenta que la velocidad en las paredes del tubo $r=R$ es nula.

$$-\int_v^0 dv = \frac{p_1 - p_2}{2 \eta L} \int_r^R r dr \quad v = \frac{p_1 - p_2}{4 \eta L} (R^2 - r^2)$$

que es la ecuación de una parábola.

perfil de velocidades



El flujo tiene por tanto un perfil de velocidades parabólico, siendo la velocidad máxima en el centro del tubo.

Gasto

El volumen de fluido que atraviesa cualquier sección del tubo en la unidad de tiempo se denomina gasto.

El volumen de fluido que atraviesa el área del anillo comprendido entre r y $r+dr$ en la unidad de tiempo es $v(2\pi r dr)$. Donde v es la velocidad del fluido a una distancia r del eje del tubo y $2\pi r dr$ es el área del anillo, véase la parte derecha de la figura de más arriba.

El gasto se hallará integrando

$$G = \int_0^R v 2 \pi r dr = \frac{\pi (p_1 - p_2)}{2 \eta L} \int_0^R (R^2 - r^2) r dr = \frac{\pi (p_1 - p_2) R^4}{8 \eta L}$$

El gasto G es inversamente proporcional a la viscosidad η y varía en proporción directa a la cuarta potencia del radio del tubo R , y es directamente proporcional al gradiente de presión a lo largo del tubo, es decir al cociente $(p_1 - p_2)/L$.

Fluido viscoso en régimen laminar

Al estudiar ley de Poiseuille vimos que el gasto G era directamente proporcional al gradiente de presión a lo largo del tubo, es decir, al cociente $(p_1 - p_2)/L$.

A la diferencia de presión $p_1 - p_2$ dividida entre la densidad r del fluido, se le denomina pérdida de carga H_L en el flujo laminar

$$H_L = \frac{p_1 - p_2}{\rho} = \frac{8 \eta L}{\rho \pi r^4} G \quad \text{con} \quad G = \pi r^2 v$$

Siendo L y r la longitud y el radio del tubo horizontal y η la viscosidad del fluido.

Expresando H_L en términos del diámetro de tubo $D=2r$ y del número de Reynolds R , tenemos

$$H_L = \frac{32 \eta L}{\rho D^2} v = \left(\frac{32}{R} \right) \frac{L}{D} v^2$$

Fluido en régimen turbulento

En este caso se emplea la fórmula empírica de Blasius válida para tubos lisos y para valores del número de Reynolds hasta 10^5 .

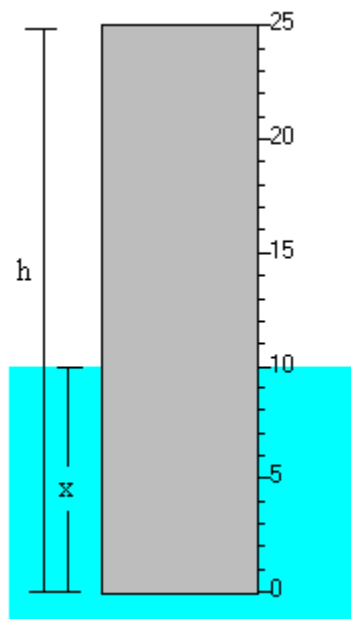
$$H_L = \frac{0.158}{R^{1/4}} \frac{L}{D} v^2$$

Sin embargo, no existe una teoría análoga que describa el comportamiento de los fluidos en régimen turbulento, o que explique la transición de régimen laminar a turbulento.

Metodos para medir la viscosidad de los liquidos

Conocida la masa del cuerpo y el volumen de la parte sumergida, podemos determinar la densidad del líquido. En esto se basan los aerómetros o flotadores de masa conocida que se sumergen en el líquido de densidad desconocida. Disponen de una escala graduada, que nos proporcionan mediante lectura directa la densidad del líquido. La superficie libre del líquido marca el valor de la densidad en la escala del aerómetro.

Dependiendo de la aplicación concreta los aerómetros reciben nombres específicos: alcoholómetros, sacarímetros, etc.



Nuestro aerómetro es un sólido de forma cilíndrica de 25 cm de altura y densidad 0.5 g/cm^3 que se sumerge parcialmente en el líquido cuya densidad se quiere determinar. Midiendo en la escala graduada la parte del cilindro que está sumergida podemos fácilmente determinar la densidad del fluido.

El cuerpo está en equilibrio flotando en el líquido, bajo la acción de dos fuerzas, su peso y el empuje del fluido.

$\text{peso} = \text{empuje}$

$$r_s g S h = r_f g S x$$

$$r_s h = r_f x$$

Donde r_s es la densidad del cuerpo sólido, S su sección, h su altura. r_f es la densidad del fluido y x la parte del sólido que está sumergido en el líquido.

Ejemplo:

Sea agua el líquido de densidad desconocida

Observamos que el cilindro se sumerge hasta una altura $x = 12.5 \text{ cm}$

$$0.5 \cdot 25 = r_f \cdot 12.5$$

Se despeja $r_f = 1.0 \text{ g/cm}^3$

A) METODO DE POISEUILLE La cual no dice que si medimos el tiempo del flujo de un mismo volumen de dos líquidos diferentes, utilizado el mismo capilar nos lleva a la relación de los coeficientes de viscosidad de los líquidos.

B) METODO DE JORGE G. STOKES. Consta de un tubo cilíndrico con agua o el líquido a estudiar el cual sumergido en un termostato a la temperatura deseada

Tensión Superficial

la energía superficial por unidad de área o tensión superficial se mide en J/m^2 o en N/m .

La tensión superficial depende de la naturaleza del líquido, del medio que le rodea y de la temperatura. En general, la tensión superficial disminuye con la temperatura, ya que las fuerzas de cohesión disminuyen al aumentar la agitación térmica. La influencia del medio exterior se comprende ya que las moléculas del medio ejercen acciones atractivas sobre las moléculas situadas en la superficie del líquido, contrarrestando las acciones de las moléculas del líquido.

En un líquido, cada molécula se desplaza siempre bajo influencia de sus moléculas vecinas. Una molécula cerca del centro del líquido, experimenta el efecto de que sus vecinas la atraen casi en la misma magnitud en todas direcciones. Sin embargo, una molécula en la superficie del líquido no está completamente rodeado por otras y, como resultado, solo experimenta la atracción de aquellas moléculas que están por abajo y a los lados. Por lo tanto la tensión superficial actúa en un líquido perpendicular a cualquier línea de 1 cm de longitud en la superficie del mismo. Para la tensión superficial tenemos lo siguiente:

$$\gamma = \frac{(r)(h)(g)(\rho)}{2 \cos \theta}$$

Donde:

r = Radio del tubo capilar.

h = Altura medida desde el nivel del líquido en el tubo de ensaye, hasta el nivel del líquido en el tubo capilar.

g = Aceleración de la gravedad.

q = Angulo de contacto en el líquido con las paredes del tubo capilar.

g = Tensión superficial.

Para los líquidos que mojan el vidrio, su ángulo de contacto se supone a 0° , y sacando el $(\cos 0^\circ)$ es 1, por lo que la ecuación anterior se reduce a:

$$\gamma = \frac{1}{2}(r)(h)(\Delta\rho)(g)$$

Donde:

D r = Es la diferencia de densidades que existe en el líquido y su vapor.

Capilaridad

Es la propiedad de algunos líquidos de poder ascender por tubos de grosor muy delgado (capilar).

La capilaridad es la habilidad de un tubo delgado para succionar un líquido en contra de la fuerza de gravedad. Sucede cuando las fuerzas intermoleculares adhesivas entre el líquido y el sólido son más fuertes que las fuerzas intermoleculares cohesivas entre el líquido.

Detalles

Esto causa que el menisco tenga una forma cóncava cuando el líquido está en contacto con una superficie vertical. Este es el mismo efecto que causa que materiales porosos absorban líquidos.

Un aparato común usado para demostrar la capilaridad es el tubo capilar. Cuando la parte inferior de un tubo de vidrio se coloca verticalmente en un líquido como el agua, se forma un menisco cóncavo. La tensión superficial succiona la columna líquida hacia arriba hasta que el peso del líquido sea suficiente para que la fuerza gravitacional sobreponga a las fuerzas intermoleculares.....