

مشخصات فنی:

1. ویسکوزیتمتر استوالد
2. کورنومتر
3. حمام ترموستات و شیشه های ویسکومتر از جنس پیرکس در چهار رنج مختلف
4. پیپت و پوار و بشر و هیتر داخلی و دماسنج

محدوده های آزمایش:

گرانروی، لزجت یا ویسکوزیته (به انگلیسی: **Viscosity**)، عبارت است از مقاومت یک مایع در برابر اعمال تنش برشی. در یک سیال جاری (در حال حرکت)، که لایه های مختلف آن نسبت به یکدیگر جابجا میشوند، به مقدار مقاومت لایه های سیال در برابر لغزش روی هم گرانروی سیال میگویند. هرچه گرانروی مایعی بیشتر باشد، برای ایجاد تغییر شکل یکسان، به تنش برشی بیشتری نیاز است. به عنوان مثال گرانروی عسل از گرانروی شیر بسیار بیشتر است.

با افزایش دما لزجت سیالات مایع کاهش می یابد ولی در گازها، قضیه برعکس است، البته درصد تغییرات آن برای سیالات مختلف متفاوت است.

بوسیله این دستگاه می توان ویسکوزیته مایعات مختلف را در دماهای متفاوت اندازه گیری نمود.

ویسکومتر

ویسکومتر وسیله ای برای سنجیدن میزان ویسکوزیته مایعات است. برای موادی که ویسکوزیته آنها با جریان یافتن تغییر می کند از ویسکومتر ویژه ای به نام رئومتر استفاده می گردد. در حالت کلی در یک ویسکومتر دو حالت وجود دارد:

یا مایع ویسکوز ساکن است و یک شی جانبی در داخل آن (ابزار اندازه گیری ویسکوزیته) حرکت می کند و یا وسیله اندازه گیری ویسکوزیته ساکن بوده و سیال ویسکوز حرکت می کند. نیروی کششی که سبب ایجاد حرکت نسبی سیال نسبت به سطح می شود می تواند به عنوان عاملی برای اندازه گیری ویسکوزیته به کار گرفته شود. حالت جریان باید به گونه ای باشد که عدد رینولدز به حدی کوچک باشد که بتوان جریان را آرام فرض نمود. در دمای 20 درجه سلسیوس ویسکوزیته آب **1.002 mpa.s** است و ویسکوزیته جنبشی آن (نسبت ویسکوزیته با دانسیته) برابر با **1.0038 mm²/s** است لازم به ذکر است مقادیر فوق جهت کالیبراسیون ویسکومتر ها به کار می رود .

ویسکومتر های استاندارد آزمایشگاهی برای مایعات:

این ویسکومتر ها برای سنجش ویسکوزیته مایعاتی با دانسیته معین به کار می رود.

ویسکومتر های U شکل: (U-tube viscometers)

این نوع ویسکومتر ها بیشتر به افتخار ویلیام استوالد (Wilhelm Ostwald) با عنوان ویسکومتر استوالد

(Ostwald viscometers) شناخته می شوند که به ویسکومتر های شیشه ای موپین هم مشهوراند. از انواع دیگر می توان

به ویسکومتر های آبلهود (Ubbelohde viscometer) اشاره نمود. این نوع ویسکومتر اساسا از یک لوله شیشه

ای U شکل که بصورت عمودی و در یک حمام کنترل دما قرار دارد تشکیل شده است. در یک سمت این لوله

یک مقطع عمودی با قطر باریک که دقیقا اندازه گیری شده است قرار دارد (یک لوله موئین با قطر مشخص). در بالای این قسمت یک

منطقه بر آمده قرار دارد و یک بر آمدی دیگر پایین تر از آن در سمت دیگر لوله قرار داده شده است که

در هنگام استفاده سیال بوسیله یک مکند (Suction) از محفظه پایینی به محفظه بالایی کشیده می شود و سپس اجازه داده

می شود تا از طریق لوله موئین به محفظه پایینی جریان یابد. دو نشانه موجود در بالا و پایین محفظه بالایی حجم مشخصی را نشان می

دهند که زمان مورد نیاز تا انتقال سیال بین این دو نشان با ویسکوزیته جنبشی متناسب

است. اکثر واحد های تجاری یک فاکتور تبدیل برای این مورد تهیه می کنند که با یک مایع با مشخصات کاملا

معین (مثلا آب مقطر) کالیبره می شود. زمان مورد نیاز برای انتقال کل سیال مورد آزمایش از محفظه بالایی به پایینی که بین

دو شاخص محفظه بالایی قرار

گرفته است به دقت اندازه گرفته می شود با ضرب زمان بدست آمده به ضریب تبدیل ویسکومتر ویسکوزیته جنبشی سیال محاسبه می شود.

به دلیل تاثیر دما در ویسکوزیته سیل این ویسکومتر ها اغلب در یک دمای ثابت و در داخل

یک حمام آب قرار می گیرند.

اینگونه ویسکومتر ها اغلب بصورت ویسکومتر هایی با جریان مستقیم و یا معکوس رده بندی می شوند. ویسکومتر های

جریان معکوس دارای یک مخزن در قسمت بالای نشانه ها هستند ولی در ویسکومتر های با جریان مستقیم این مخزن در زیر شاخص ها

قرار دارد. گونه ای از ویسکومتر ها هم وجود دارند که بصورت ترکیبی از دو

ویسکومتر مذکور هستند که برای اندازه گیری ویسکوزیته مواد کدر (مات) یا مواد لکه زا (آلاینده) طراحی شده اند به عبارت دیگر سیال

دیواره را آلوده می کند و شناسایی عبور کل سیال بین دو شاخص و در نتیجه اندازه گیری زمان دقیق را غیر ممکن می سازد ویسکومتر

ترکیبی این اجازه را به اپراتور می دهد که بجای اندازه گیری زمان تخلیه سیال بین دو شاخص مخزن بالا زمان پر شدن مخزن پایینی را

اندازه بگیرد و این امر تا حد زیادی از خطای

کاهد.

می

ویسکومتری

ویسکومتر های سقوطی: (Falling sphere viscometers)

قانون استوکس (Stokes' law) اساس ویسکومتر های سقوطی را تشکیل می دهد. در صورتی که سیال بصورت استاتیکی در داخل یک لوله عمودی شیشه ای قرار دارد اجازه می دهیم یک شار فلزی کوچک که اندازه و دانسیته آن مشخص است در داخل سیال سقوط کند. اگر شما بتوانید سرعت سقوط شار (مدت زمان لازم برای عبور شار از میان دو شاخص) را به درستی ثبت نمایید (برای راحتی کار و دقت بالا می توان از حسگر های الکترونیکی برای این کار استفاده نمود). با در دست داشتن سرعت شار، اندازه و دانسیته شار و دانسیته سیال مورد نظر می توان از قانون استوکس برای محاسبه ویسکوزیته سیال استفاده نمود. یک سری از گلوله های فلزی با اندازه ها متفاوت جهت بالا بردن دقت محاسبات باید به کار گرفته شوند. در آزمایش ها معمولاً از گلیسیرین به عنوان سیال استفاده می شود که دانشجویان با استفاده از تکنیک مذکور ویسکوزیته آن را محاسبه می کنند ولی می توان از انواع روغن ها و یا مواد پلیمری برای این منظور استفاده نمود

در سال 1851 آقای جرج گابریل استوکس (George Gabriel Stokes) رابطه ای را برای محاسبه نیروی اصطکاکی (نیروی کششی) بدست آورد که از قرار زیر است:

که در این رابطه داریم:

- F is the frictional force,
- r is the radius of the spherical object,
- η is the fluid viscosity, and
- v is the particle's velocity.

اگر شی مربوطه در داخل یک سیال ویسکوز با نیروی وزن خود سقوط کند و می توان سرعت سقوط آن را از رابطه زیر محاسبه کرد:

که در این رابطه داریم:

اگر شی مربوطه در داخل یک سیال ویسکوز با نیروی وزن خود سقوط کند و می توان سرعت سقوط آن را از رابطه زیر محاسبه کرد

که در این رابطه داریم:

1. V_s is the particles' settling velocity (m/s) (vertically downwards if $\rho_p > \rho_f$, upwards if $\rho_p < \rho_f$),
2. r is the Stokes radius of the particle (m),
3. g is the gravitational acceleration (m/s²),
4. ρ_p is the density of the particles (kg/m³),
5. ρ_f is the density of the fluid (kg/m³), and
6. μ is the (dynamic) fluid viscosity (Pa s).

باید توجه داشت که قانون استوکس با فرض کوچک بودن رینولدز بدست آمده است. باید توجه داشت که

قانون استوکس با فرض کوچک بودن رینولدز بدست آمده است.

ویسکومتر های لرزشی: (Vibrational viscometers)

مبنای کار ویسکومتر های لرزشی اندازه گیری مقدار کاهش نوسانات الکترومغناطیسی لرزاننده هنگام لرزش در داخل سیال مورد آزمایش است. لرزاننده معمولاً بصورت دورانی (بوسیله یک سگدست متصل به یک موتور الکتریکی) یا ارتعاشی (بصورت دیافراگمی) کار می کنند. هر قدر ویسکوزیته سیال بالا باشد به همان میزان هم میزان افت لرزش های ایجاد شده توسط لرزاننده بیشتر خواهد بود.

میزان کاهش ارتعاشات لرزاننده می تواند با یکی از روش های زیر اندازه گرفته شود:

1. اندازه گیری مقدار انرژی لازم جهت ثابت نگه داشتن دامنه ارتعاشات نوسانگر در یک دامنه ارتعاشی مشخص. در این روش باید متذکر شد در سیالاتی با ویسکوزیته بالا انرژی بیشتری جهت ثابت ماندن دامنه ارتعاشی نوسانگر باید مصرف شود.
2. اندازه گیری زمان لازم جهت توقف کامل نوسانگر بعد از خاموش شدن آن. در این روش باید متذکر شد زمان لازم جهت توقف نوسانگر با ویسکوزیته سیال متناسب است و هر اندازه ویسکوزیته بالا باشد مدت زمان لازم جهت توقف نوسانگر نیز کمتر خواهد بود.

3. اندازه گیری فرکانس نوسانگر بصورت تابعی از کنتش وارد شده به سیال و واکنش سیال نسبت به آن که در این روش هم سیالاتی با ویسکوزیته بالا به نسبت تغییر فرکانس بیشتری هنگام تغییر فاز از خود نشان می دهند. نتیجه ارائه شده توسط دستگاه های سنجش ویسکوزیته با روش ارتعاشی به دلیل عدم اندازه گیری تنش سطحی (shear field) جهت اندازه گیری ویسکوزیته سیالاتی که رفتار جریانی آن برای کاربر نامشخص است نمی تواند قابل اطمینان باشد.

ویسکومتر های لرزشی برای اندازه گیری ویسکوزیته در طی فرآیندهای صنعتی به کار می رود.

در اینگونه ویسکومتر ها سنسور به میله نوسانگر متصل می شود. تغییرات دامنه نوسانگر با ویسکوزیته سیالی که بخش لرزاننده ویسکومتر را می پوشاند متناسب است. این روش برای اندازه گیری ویسکوزیته سیالات ژلاتینی و سیالاتی با ویسکوزیته بالا (بالای 1000pa.s) کاربرد دارد. در حال حاضر به دلیل کارایی بالای این ویسکومتر ها صنایع توجه خود را معطوف استفاده بهینه از اینگونه ویسکومتر ها نموده و سعی در افزایش دقت و کارایی این نوع دارند.

این دسته از ویسکومتر ها بسیار مستحکم بوده و تمام اجزای آن از مقاومت بالایی برخوردار هستند و تنها قسمت حساس آنها حسگر کوچک تعبیه شده در بخش لرزاننده است به همین دلیل می توان ویسکوزیته انواع مواد مختلف بخصوص سیالات اسیدی را با این نوع اندازه گرفت به شرط آنکه یا سیال را در داخل یک پوشش خاص قرار داد و یا حسگر را از مواد مقاوم در برابر اسید ساخت که می توان به 316L, SUS316, Hastelloy, or enamel اشاره کرد.

ویسکومتر های دورانی: (Rotation viscometers)

اینگونه ویسکومتر ها بر ایده اندازه گیری مقدار گشتاور لازم جهت به چرخش در آوردن یک جسم خارجی در داخل سیال استوار هستند که می تواند راهی برای اندازه گیری ویسکوزیته سیال باشد. به عنوان مثال ویسکومتر های بروکفیلد (Brookfield-type) بر مبنای اندازه گیری مقدار گشتاور لازم جهت چرخش یک دیسک با سرعتی مشخص در داخل سیال کار می کنند.

در ویسکومتر های Cup and bob مقدار معینی سیال در داخل مخزن مخصوصی ریخته می شود و گشتاور لازم جهت چرخش یک دیسک در داخل سیال با یک سرعت مشخص به دقت اندازه گیری شده و گراف های آن رسم می شوند.

در کل دو نوع مشخص از این نوع ویسکومتر ها مورد استفاده قرار می گیرد که با نام های تجاری "Couette" و

"Searle" شناخته می شوند که اختلاف آنها در چرخش فنجان و شاغولی است. دوران فنجان در بسیاری از موارد بر

دوران شاغولی ارجحیت دارد زیرا در این روش امکان کنترل جریان های گردابی بهتر صورت می گیرد. اما در این متد ثابت نگه داشتن دمای سیال تا حدی دشوار است.

ویسکومتر های استابینگر: (Stabinger viscometer)

با تغییر ویسکومتر های نوع چرخشی (Couette rotational viscometer) و ساخت این نوع ویسکومتر ها به دقت بسیار بالایی در اندازه گیری ویسکوزیته جنبشی سیال می توان دست یافت. سیلندر داخلی ویسکومتر های استابینگر (Stabinger Viscometer) گود تر و نسبت به ویسکومتر های نوع قبلی سبکتر طراحی شده اند به همین دلیل به آسانی در داخل نمونه شناور می گردند و به دلیل نیروی گریز از مرکز دقیقاً در بخش مرکزی قرار می گیرند. اندازه گیری سرعت و گشتاور در این نوع با اندازه گیری چرخش میدان مغناطیسی و حرکات گردابی و بدون هیچگونه تماس مستقیمی صورت می گیرد. که این امر دقت فوق العاده 50pN.m و دامنه وسیع سنجش 0.2 to mPa.s را 20,000 برای این نمونه امکان پذیر نموده است.

قابل ذکر است که این نوع ویسکومتر برای اولین بار توسط Anton Paar GmbH در سال 2222 معرفی گردید که این ویسکومتر به افتخار دکتر استابینگر (Dr. Hans Stabinger) به این نام نامیده شد

نگهداری و تعمیر:

1. از کار در مکان هایی که نوسانات برق وجود دارد بپرهیزید.
2. آب و مواد مرطوب روی دستگاه ریخته نشود.
3. به دستگاه ضربه زده نشود.
4. با ولتاژ کم روشن شود.
5. از اتصال کوتاه مداوم خروجی جلوگیری شود.
6. پس از اتمام کار کلید دستگاه را بر روی OFF قرار داده و کابل برق را قطع نمایید.

شرایط گارانتی و خدمات پس از فروش:

خدمات ضمانت (گارانتی) شامل تعمیر یا سرویس دستگاه و ارائه خدمات رایگان جهت تعویض قطعات و دستمزد تعمیر بمدت یک سال میباشد، و خدمات پس از فروش بمدت 12 سال در قبال پرداخت هزینه ها می باشد.

ولی ضمانتنامه در شرایط ذیل قابل اجرا نیست:

1. صدمات و ضایعات ناشی از ضربه، سقوط، حمل و نقل، تماس یا نفوذ آب و مواد شیمیایی، آتش یا حرارت زیاد، گرد و غبار شدید، نوسانات برق، رعد و برق و حوادث طبیعی
2. استفاده غلط از دستگاه یا مواردی خارج از سازگاری و استانداردهای تعیین شده برای دستگاه یا عمل نکردن به دستورالعملهای ذکر شده در دفترچه راهنمای دستگاه.
3. صدمات و خرابیهای ناشی از اتصال غلط یا ارتباط دستگاه با سایر دستگاهها، تجهیزات و لوازم جانبی غیر سازگار یا معیوب

4. دستگاههایی که دستکاری شده یا توسط اشخاصی بجز نمایندگان شرکت پویا فرآزما تعمیر شود.

شرایط محیطی نصب و راهاندازی به شرح ذیل میباشد:

- 1- کنتور برق تک فاز 12 آمپر
- 2- محدوده دمایی بین 45 تا 2درجه سانتیگراد
- 3- محدوده رطوبتی قابل تحمل برای دستگاه 62% - 12%

آزمون تحویل دهی:

ابتدا ویسکوزیتر استوالد با سولفورومیک اسید شست و شو داده شد. سپس با آب مقطر آبکشی آن انجام گرفت. سپس به طور قائم داخل حمام آب گرم قرار داده شد. درون ویسکوزیتر به اندازه ای که تا نیمه حباب بزرگ پر شود آب مقطر ریخته شد.

در دمای محیط (58درجه سانتی گراد) ، به کمک پیپت یا مکیدن آب را به لوله ای که دارای دو حباب کوچک است به بالا کشیده شد. آب تا بالاترین علامت کشیده شد و سپس هم زمان با رها کردن مکش و عبور از خط مشخص شده، کرنومتر به کار انداخته شد. سپس زمان در هنگام عبور از علامت دوم متوقف شد. زمان در جدول داده ها ثبت گردید. این آزمایش چهار مرتبه انجام شد و برای دو دمای 68 و 78 درجه سانتی گراد نیز انجام و یادداشت گردید.

جواب نهایی:

بعد از آن تمام مراحل برای ماده پروپیلن گلاکول نیز انجام گردید.

جدول و محاسبات و نمودار داده

های مربوط به آب:

T(K)	298				308				318			
t(s)	3.46	3.47	3.31	3.43	2.94	2.81	3.04	3.05	2.84	2.70	2.70	2.90
	6.7478				9..5				5.7.8			

پروپیلن گلیکول:

T(K)	298			308			318		
t(s)	7..45	79.66	77...	68.44	67.77	72.65	59.87	59.52	57
	79.77			67.95			.59.8		

دانسیته و ویسکوزیته:

	298	308	318
پروپیلن گلیکول 2...77	4.2766	4.2574	4.24.7
آب	2...72	2...6.	
	9.004×10^{-4}	7.2545×10^{-4}	6.001×10^{-4}

محاسبه ویسکوزیته پروپیلن گلیکول :

—	—
298k	—
308k	—
318k	—

حال برای نمودار داریم:

$1/T$	
0.003356	-2.04998
0.003247	-2.02114
0.003145	-2.07474



