

کشاورزی و راهنمایی



ویسکومتر

ویسکومتر

فاطمه سلکی^۱، علی جعفری^۲

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی مکانیک بیوسیستم-گرایش طراحی و ساخت، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
solki.fatemeh.che@ut.ac.ir

۲- استاد گروه مهندسی ماشین‌های کشاورزی، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
jafarya@ut.ac.ir

ویسکوزیته، از جمله شاخص‌های فیزیکی یک سیال است که نشان‌دهنده رفتار سیلان سیالات است. اندازه‌گیری این شاخص فیزیکی مهم با دستگاهی به نام ویسکومتر صورت می‌گیرد. ویسکومترهای مختلفی در بازار برای اندازه‌گیری ویسکوزیته وجود دارد. ویسکومترهای موردادستفاده در کشور ما ساخت کشورهای خارجی هستند؛ به همین جهت برای رسیدن به خودکفایی ملی یک نمونه آزمایشگاهی ویسکومتر استوانه چرخان، طراحی و ساخته شد.



است. در شکل ۱، نمای کلی ویسکومتر استوانه چرخان ساخته شده نمایش داده شده است.



شکل ۱. نمای کلی ویسکومتر ساخته شده

موتور

موتور ویسکومتر ساخته شده، خود از دو قسمت ثابت و متحرک ساخته شده است. قسمت اول (قسمت متحرک)، قسمتی از موتور است که بر روی پایه قرار گرفته و قابلیت جابجایی به سمت بالا و پایین را دارد و قسمت دوم (قسمت ثابت)، بخشی از موتور بوده که شامل قطعات مختلف الکترونیکی برای کنترل دور، ولتاژ و جریان است. لازم به ذکر است که اسپیندل به قسمت متحرک موتور توسط یک رابط متصل می‌شود. در شکل ۲، قسمت ثابت و متحرک موتور و در شکل ۳، اجزای درونی و قطعات به کار رفته در بخش کنترل موتور نمایش داده شده است.



شکل ۲. قسمت ثابت (قسمت سفید رنگ) و متحرک (قسمت آبی رنگ) موتور

لزجت، گرانروی یا ویسکوزیته یک شاخص فیزیکی برای بیان ویژگی سیلان سیال است که مقاومت یک سیال در برابر جاری شدن را توصیف می‌نماید. این شاخص بر اساس نیروی اصطکاک درونی سیال تعریف می‌شود و به دو دسته دینامیکی و سینماتیکی تقسیم می‌شود. همچنین لازم به ذکر است که سیالات، خود به دو دسته نیوتونی و غیرنیوتونی تقسیم می‌شوند.

برای اندازه‌گیری ویسکوزیته سیال، از دستگاهی به نام ویسکومتر استفاده می‌شود. انواع مختلف دستگاه ویسکومتر وجود دارد که اساس کار هر یک با دیگری متفاوت است. دوران دو سیلندر هم مرکز، دوران یک مخروط و صفحه، دوران دیسک‌های موازی، صفحات کشویی موازی، سقوط جسم (توپ یا استوانه) و جسم در حال نوسان در سیال، برخی از انواع ویسکومترها هستند.

به عنوان مثال ویسکومتر دوران دو سیلندر هم مرکز برای سیالات با ویسکوزیته‌های پایین، ویسکومتر دوران یک مخروط و صفحه برای سیالات غیرنیوتونی و ویسکومتر صفحات کشویی برای سیالات با ویسکوزیته بالا مناسب هستند.

از آنجایی که مقدار ویسکوزیته بیانگر ماهیت جریان یک سیال است، اندازه‌گیری دقیق آن در صنایع مختلف از جمله صنایع خودروسازی، غذایی، چسبسازی، دارویی و پزشکی، کشاورزی و دامپروری و صنایع مشابه، می‌تواند نقش اساسی داشته باشد. تعیین کیفیت مواد خوارکی و انتخاب تجهیزات مناسب برای خطوط تولید و فرآوری موادغذایی، پایش وضعیت ویسکوزیته روغن مورداستفاده در ماشین‌های کشاورزی و راهسازی که از ابزارهای مهم آالیز روغن جهت بررسی کیفیت روغن است و کاهش هزینه‌های تعمیر و نگهداری، برخی از کاربردهای اندازه‌گیری ویسکوزیته هستند.

همان‌طور که اشاره شد، برای اندازه‌گیری ویسکوزیته از ویسکومتر استفاده می‌شود، لازم به ذکر است که ویسکومترهای مورداستفاده در کشور ما ساخت کشورهای خارجی هستند؛ بدین جهت برای رسیدن به خودکفایی داخلی و تأمین نیازهای پژوهشی، یک ویسکومتر بومی و داخلی استوانه چرخان، طراحی و ساخته شد.

ویسکومتر طراحی شده از ویسکومتر خارجی با نام تجاری بروکفیلد، الکوبرداری شد. مبنای اندازه‌گیری ویسکوزیته در این ویسکومتر، گشتاور ناشی از گردش اسپیندل در درون سیال است که ویسکومتر ساخته شده نیز از این قاعده پیروی می‌کند.

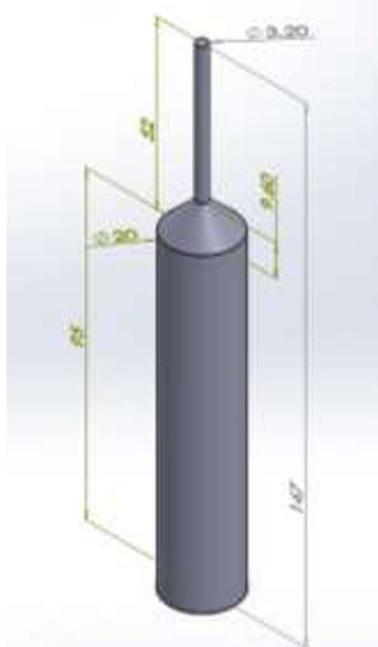
ویسکومتر ساخته شده دارای چهار بخش اصلی موتور، پایه، اسپیندل (استوانه‌ای که درون سیال دوران می‌کند) و رابط اتصال شفت به محور اسپیندل

اسپیندل

اسپیندل بخش مهمی از دستگاه ویسکومتر است و دارای انواع مختلف دیسکی و سیلندری است که هر یک برای دامنه خاصی از ویسکوزیته استفاده می‌شود. برای دستگاه ویسکومتر استوانه چرخان ساخته شده، یک نمونه اسپیندل سیلندری با اعمال محدودیت‌های ساخت، در نرم‌افزار طراحی و سپس تراشکاری شد. جنس انتخاب شده برای اسپیندل نیز میلگرد ۳۰۴ است. در شکل ۶، نمای طراحی شده در نرم‌افزار سالیدورکس و در شکل ۷، نمای اسپیندل ساخته شده، نمایش داده شده است.



شکل ۳. اجزای کنترلی موجود در قسمت ثابت موتور



شکل ۶. نمای طراحی شده در سالیدورکس



شکل ۷. قطعه تراشکاری شده



شکل ۴. پایه‌ای که روی سطوح قرار می‌گیرد



شکل ۵. محل قرارگیری قسمت متحرک موتور





شکل ۱۰. نمایی از دستگاه در هنگام کار به منظور محاسبه ویسکوزیته سوسپانسیون آب و خاک برای محاسبه توان پمپاژ لازم برای شستشوی سیبز مینی

جمع‌بندی
همان‌طور که ذکر شد، هدف از طراحی و ساخت این دستگاه، بومی‌سازی دستگاه ویسکومتر است. بر طبق مطالعات انجام‌شده و نتایج حاصل از پژوهش‌های مختلفی که با دستگاه ویسکومتر ساخته‌شده صورت پذیرفت، مقادیر قابل اعتمادی حاصل شد. از آنجایی که نتایج دستگاه ساخته‌شده با نمونه‌های موجود در بازار، دارای انطباق قابل قبولی است، می‌توان از این دستگاه استفاده نمود.

منابع:

- * سلکی چشم‌ه سلطانی ف. و جعفری ع. (۱۳۹۷). طراحی و ساخت دستگاه ویسکومتر. یازدهمین کنگره ملی مهندسی مکانیک بیوپسیستم و مکانیزاسیون ایران.
- * سلکی چشم‌ه سلطانی ف.، حاجی‌احمد ع. و جعفری ع. (۱۳۹۸). بررسی اثر غلظت آلاینده آب در فرآیند شست وشوی سیبز مینی بر ویسکوزیته و چگالی آب به منظور محاسبه توان لازم برای پمپاژ آن. هشتمین همایش ملی امنیت غذایی؛ ایده‌ها و پژوهش‌ها در مهندسی بازیافت و کاهش ضایعات.

* Courbin L., Cristobal G., Winckert M. and Panizza P. (2005). Design of a low cost Zimm-Crothers viscometer: From theory to experiment. American Association of Physics Teachers. 73(9).

* Leblanc G.E., Secco R.A. and Kostic M. (1999). Viscosity measurement.

* Munson B.R., Young D.F., Okiishi T.D. and Huebsch W.W. (2002). Fundamentals of Fluid Mechanics, (Six edition), John Wiley & Sons Inc.

* Poolad P. (2013). Design and fabrication of an automatic engine oil viscometer. MSc. University of Tehran. (Persian)

رابط اتصال شفت موتور به محور اسپیندل به منظور انتقال دوران شفت موتور به اسپیندل، لازم است که این دو به یکدیگر متصل شوند. برای این منظور، یک رابط پنج قسمتی از جنسآلیاژ برنج ساخته شد. در شکل ۸، نمای کلی قطعه و در شکل ۹، نمای قطعه به صورت انفجاری نمایش داده شده است.



شکل ۸. نمای کلی قطعه رابط



شکل ۹. نمای انفجاری قطعه رابط

نحوه محاسبه ویسکوزیته

به منظور اندازه‌گیری ویسکوزیته با دستگاه ساخته شده، لازم است که مقداری نمونه در بشر ریخته شود و در مجاورت اسپیندل قرار بگیرد. اسپیندل دون سیال شروع به دوران می‌کند. با جمع‌آوری داده‌های آن از جمله سرعت دورانی اسپیندل، جریان، ولتاژ و استفاده از روابط حاکم بر تنش برشی، مقدار ویسکوزیته محاسبه می‌شود.

آزمایش‌ها

برای بررسی دستگاه ساخته شده، ویسکوزیته یک نمونه عسل در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، اندازه‌گیری و محاسبه شد. مقدار ویسکوزیته محاسبه شده برابر با ۶/۹۷ (Pa.s) به دست آمد، این در حالی است که در منابع موجود، ویسکوزیته عسل در دمای ۳۰ درجه سانتی گراد، در حدود ۷ (Pa.s) ارائه شده بود.

از دستگاه مذکور در پژوهش‌های مختلفی از جمله محاسبه توان پمپاژ لازم شbekه شست وشوی سیبز مینی برای بررسی اثر خاک آلاینده بر ویسکوزیته و چگالی خاک (شکل ۱۰) و بررسی تغییرات ویسکوزیته روغن موتور با دما استفاده شد.

