

АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ВЯЗКОСТИ

Назиров Низомжон

*Факультет Автоматизация технологических процессов
Ташкентский государственный технический университет магистрант*

Аннотация: Вязкие силы, возникающие при сжатии (или дилатации), определяются коэффициентом вязкости. За неимением данных о его величине в жидкостях, в гидродинамике традиционно считается, что коэффициент дилатационной вязкости, n' , может быть приближен к значению $n = -2n/3$, где n - коэффициент сдвиговой вязкости идеального газа.

Непериодическое движение жидкости вблизи источника звука зависит от двух коэффициентов вязкости, и на основе теории акустического потока Экхарта была разработана методика определения значений дилатационной вязкости. Было установлено, что коэффициент дилатационной вязкости имеет положительный знак и больше по величине, чем коэффициент сдвиговой вязкости. Дилатационная вязкость воды, например, оказалась равной 2,4 сантипуаза, в то время как дисульфид углерода - более 200 сантипуазов. Для рассмотренных жидкостей не существует связи между величиной и дилатационной вязкостью. Температурная зависимость дилатационной и сдвиговой вязкости в этих материалах аналогична температурным изменениям, измеренным для воды.

Ключевые Слова: жидкость, жидкость, движение, вискозиметр, вязкость.

ВВЕДЕНИЕ

Вязкость - это показатель сопротивления жидкости деформации под действием силы сдвига. Ее часто называют сопротивлением застыванию или поведением потока. Вязкость - это показатель трения жидкости, который представляет собой внутреннее сопротивление жидкости течению. Конечная вязкость имеет решающее значение на этапе обработки! Вязкость некоторых жидкостей - это материальная константа, на которую влияют только температура и давление. Ньютоновские жидкости - так называется этот класс материалов. Все жидкости, включая жидкости и газы, обладают той или иной степенью вязкости. Вязкость можно представить как трение жидкости; подобно тому, как трение между двумя твердыми телами препятствует движению одного из них относительно другого, позволяя при этом ускорять одно относительно другого (например, трение между колесами автомобиля и шоссе), вязкость препятствует движению твердого тела через жидкость, позволяя при этом ускорять пропеллер или другое устройство [1].

1.1 Градиент скорости:

Когда жидкость движется через сопло или твердый предмет движется через жидкость, слой жидкости, находящийся в непосредственном контакте с краями трубы или поверхностью предмета, старается находиться в том же состоянии движения, что и предмет, с которым он соприкасается; то есть слой жидкости вдоль края трубы находится в состоянии покоя, а слой, находящийся в контакте с движущимся предметом, движется с той же скоростью. Если разница скоростей между жидкостью на краях трубы и жидкостью в центре, или между движущимся предметом и жидкостью, через которую он движется, не слишком велика, жидкость течет непрерывными, гладкими слоями; поток является ламинарным [2]. Градиент скорости определяется как разность скоростей между соседними слоями жидкости и выражается как v/x , где v - разность скоростей, а x - расстояние между слоями. Для поддержания одного слоя жидкости, движущегося быстрее соседнего, требуется сила F , что приводит к возникновению напряжения сдвига F/A , где A - площадь поверхности, контактирующей с перемещаемым слоем.

1.2 Коэффициент вязкости:

Коэффициент вязкости, или F_x/Av , является мерой вязкости жидкости и равен напряжению сдвига, деленному на градиент скорости. Пуаз - это единица CGS для измерения коэффициента вязкости. Эксперименты показали, что коэффициент вязкости жидкостей уменьшается при повышении температуры, в то время как коэффициент вязкости газов увеличивается при повышении температуры. Когда температура жидкости повышается, связи между молекулами ослабевают, а поскольку эти связи способствуют вязкости, коэффициент уменьшается. Межмолекулярные силы в газах, с другой стороны, менее значимы для вязкости, чем столкновения молекул, а повышение температуры увеличивает количество столкновений, тем самым повышая коэффициент вязкости. Вязкость газа не зависит от его плотности, согласно кинетической теории газов. В ламинарном потоке вязкость является основным источником сопротивления движению. Когда скорость потока достигает точки, где он становится турбулентным, основным препятствием для движения становится не вязкость, а разность давлений, вызванная вихревыми течениями [3]

1.3 Кинематическая вязкость:

Кинематическая вязкость (ν) описывает поведение вещества при течении под действием земной гравитации. Это динамическая вязкость, деленная на плотность (ρ), которая определяется как масса на объем. Величина массы несет в себе гравитационное воздействие. Кинематическая вязкость широко распространена в силу исторических причин: Гравитация как движущая сила не требует сложного технического оборудования. Она просто доступна повсюду на Земле.

1.4 Относительная вязкость:

При оценке полимеров в растворах относительная вязкость является важной метрикой, которую необходимо учитывать. Для большинства полимеров существует четкая связь между молярной массой и вязкостью. Молярная масса может быть определена путем измерения вязкости. Вязкость полимерного раствора увеличивается с ростом молярной массы. Одним из наиболее значимых критериев качества полимеров является молярная масса. Несмотря на то что большинство растворов полимеров являются неньютоновскими жидкостями, при достаточно низкой скорости сдвига они ведут себя как ньютоновские жидкости. Разделив вязкость раствора полимера на вязкость чистого растворителя, определяют относительную вязкость [4].

1.5 Измерение вязкости:

Состояние (свойства вещества) или текучесть жидкости или газа можно определить с помощью измерения вязкости. Она используется при контроле качества и на различных этапах исследований и разработок в различных отраслях, включая пищевую химическую, фармацевтическую, нефтехимическую косметическую, лакокрасочную, чернильную, лакокрасочную, нефтяную и автомобильную.

Вязкость жидкости, например, является важной характеристикой для строительства заводских труб или перемещения сырой нефти или химических веществ по трубопроводу. Фоторезистивная жидкость используется при производстве печатных плат, катодно-лучевых трубок и плоских жидкокристаллических дисплеев в электронной технике. Контроль вязкости жидкости для фоторезиста имеет решающее значение для определения качества, производительности и выхода конечного продукта.

Контроль оптимальной вязкости также был определен как способ снижения производственных затрат в таких отраслях. Коэффициент вязкости, обычно называемый вязкостью, - это показатель сопротивления жидкости течению. Это материальная константа, которая указывает на степень текучести жидкости. В большинстве случаев вязкость связывают исключительно с жидкостью. Газ также обладает вязкостью, однако, поскольку он является маловязкой жидкостью, препятствием для течения можно пренебречь. Почти все жидкости обладают вязкостью и являются вязкими жидкостями. Когда наполненный водой контейнер вращается вокруг вертикальной центральной оси, вода, которая сначала находилась в состоянии покоя, начинает двигаться, так как ее тянет за собой внутренняя стенка контейнера, и в конце концов закручивается полностью вместе с контейнером, как если бы он был единым жестким телом. Это происходит из-за силы (сопротивления), действующей на поверхность воды и внутреннюю стенку контейнера в направлении потока (движения). Вязкость жидкости, которая создает такую силу, называется вязкостью [5].

(а) Во время использования:

Отрегулируйте выравнивающие ножки таким образом, чтобы центр узкой части правой и левой сенсорных пластин находился на поверхности жидкости, чтобы выровнять поверхность образца. Вязкость жидкости зависит от температуры и составляет от -2 до -10 процентов на градус Цельсия. Для точного измерения необходимо учитывать колебания температуры жидкости. Перед проведением измерений обязательно откалибруйте прибор с помощью жидкости стандартной вязкости или чистой воды. Если измерение займет много времени, проводите калибровку по мере необходимости. Температура образца может меняться, когда в него помещаются сенсорные пластины и датчик температуры. После установки сенсорных пластин и датчика температуры оставьте образец в покое на некоторое время, чтобы убедиться, что температура образца не меняется. Затем приступайте к измерениям. При использовании адаптера переменного тока убедитесь, что питание стабильно. Для нажатия на клавиши используйте только палец. Клавиши могут быть повреждены при использовании острого предмета, например ручки.

Чашка для проб из поликарбоната (PC) не подходит для использования с органическими растворителями. Не используйте вспомогательную чашку для проб при использовании органических растворителей в качестве жидкости для проб. Используйте имеющийся в продаже стеклянный стакан или стеклянную чашку для проб (AX-SV-35), поставляемую отдельно. Защитный экран можно поднимать или опускать. В результате, даже при использовании стакана, вязкость можно определить с небольшим количеством материала.

(b) После использования:

С помощью спирта удалите оставшийся материал образца с сенсорных пластин, датчика температуры и защиты. Если использовать сенсорные пластины, температурный датчик и защиту с остатками предыдущего образца, это приведет к ошибке измерения. Чтобы не погнуть сенсорные пластины, тщательно очистите их. Для изготовления сенсорных пластин и температурного датчика используется нержавеющая сталь (SUS304). Поверхность покрыта 24-каратным золотом.

В) Ротационный вискозиметр:

Образец помещается в цилиндрический ротор с электродвигателем, который вращается с постоянной скоростью. Метод измерения, используемый ротационным вискозиметром, предполагает, что вязкость точно связана с рабочим моментом, необходимым для создания постоянного вращательного движения. Рабочий момент, создаваемый вязкостью и кручением пружины, уравнивается, когда вращение становится стабильным. Угол закручивания пружины связан с вязкостью образца, и этот показатель отображается на шкале. На некоторых устройствах отображается цифровое значение коэффициента вязкости, преобразованное из крутящего момента. Этот вискозиметр работает так же, как и все другие ротационные вискозиметры: шпиндель (цилиндр или

диск) погружается в исследуемый материал, и измеряется сила, необходимая для преодоления сопротивления вращению или потоку. Шпиндель (цилиндр или диск) связан с валом двигателя, который вращается с заданной скоростью, с помощью пружины. Угол отклонения шпинделя от измерительной пружины определяется электрическим способом, что позволяет получить значение крутящего момента. Значение крутящего момента, полученное с помощью вискозиметра, зависит от скорости вращения шпинделя и его геометрии, что позволяет напрямую измерить значение вязкости в мПас/сР. Сопротивление движению вещества изменяется пропорционально скорости или размеру шпинделя в зависимости от его вязкости. Учитывая скорость и тип шпинделя, вискозиметр откалиброван для получения значений вязкости в мПас или сП. В широком диапазоне прибора сочетание различных скоростей и шпинделей позволяет получить отличные показания вязкости.

2.ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Коно Й и др. обсудили измерение вязкости, в котором они объяснили, что самой основной транспортной характеристикой, регулирующей процессы миграции магмы в ядре Земли, является вязкость. В этой главе рассматриваются современные достижения в области измерения вязкости расплавов с помощью падающей сферы при высоком давлении и температуре с использованием синхротронного рентгеновского изображения и пресса большого объема. Способность метода падающей сферы оценивать вязкость в основном определяется скоростью рентгеновской визуализации. В начале 2000-х годов скорость получения изображений 30-60 кадров в секунду (fps), используемая при типичной рентгеновской визуализации на крупнотоннажных прессах, подходила только для измерения вязкости высоковязких расплавов, таких как полимеризованные силикатные расплавы и расплавы оксидов. Недавнее развитие сверхбыстрой рентгеновской визуализации с частотой кадров более 1000 в секунду предлагает новый метод исследования вязкости маловязких расплавов, таких как карбонатные расплавы, расплавленные соли и жидкости *in situ* при высоком давлении и температуре [7].

Хадем А и др. рассмотрели две методики измерения вязкости кормов для птицы, в которых они объяснили, как вязкость содержимого кишечника влияет на пищеварение и усвоение питательных веществ. В большинстве исследований, проводимых в птицеводстве, вязкость кишечного содержимого оценивалась только после удаления всех твердых частиц центрифугированием.

Однако при центрифугировании могут удаляться частицы, способствующие повышению вязкости, что приводит к заниженным показателям вязкости. *In vitro* сравнивались два метода измерения вязкости, один с этапом центрифугирования (Brookfield), а другой без него (Haake), чтобы выяснить, дают ли они сопоставимые результаты для определения вязкости кормов [8].

Kitosan Metal. обсудили вязкость, в которой они объяснили, как для оценки молекулярной массы хитозана можно использовать различные методы, такие как гель-проникающая хроматография (ГПХ), статическое рассеяние света (СРС) и определение внутренней вязкости. Метод измерения внутренней вязкости является простым способом определения молекулярной массы хитозана. При комнатной температуре были приготовлены и измерены различные концентрации хитозана. Внутренняя вязкость рассчитывалась по данным времени течения путем проецирования уменьшения вязкости на нулевую концентрацию. Используя уравнение Марка-Хоувинка, внутреннюю вязкость пересчитывали в средневязкую молекулярную массу [9].

Бернс М и др. рассказали об измерении вязкости с помощью микрофлюидных капель, в котором они объяснили, что измерения вязкости имеют широкое применение - от промышленного химического производства до медицинской диагностики. Мы разработали простой непрерывный вискозиметр на основе капель воды в масле, который позволяет измерять изменения вязкости за 10 секунд или меньше и потребляет менее 1 литра образца в час. Вискозиметр производит капли под постоянным давлением, используя конструкцию фокусировки потока. При высоких соотношениях давления воды на входе и масла на входе (AIP/OIP) длина капель (L_d) сильно коррелирует с вязкостью водной фазы (η_q), что приводит к линейной зависимости между η_q и $1/(L_d - L_c)$, где L_c - минимальная достижимая длина капель, примерно равная ширине канала, генерирующего капли.

4.ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная статья посвящена исключительно нескольким аспектам измерения вязкости. В ней обсуждаются несколько понятий вязкости, таких как градиент скорости, несколько типов вязкости, несколько типов инструментов для измерения вязкости. Вязкость, как чувствительная мера изменения жидкости, может быть использована в качестве критерия контроля качества для быстрой и простой оценки жидкости. Измерение вязкости полезно для обеспечения качества жидких товаров, а также для мониторинга вязкости клинических жидкостей в качестве возможного гемодинамического биомаркера. Традиционные вискозиметры и их микрофлюидные аналоги, с другой стороны, обычно зависят от большого и дорогостоящего оборудования и не позволяют быстро проводить анализ вязкости в полевых условиях. Вискозиметры используются в различных приложениях для измерения и мониторинга, включая биохимическую оптимизацию, биомедицинскую диагностику, лекарственные препараты и обнаружение фальсификата. Вискозиметры могут быть использованы в автоматизированном и надежном сценарии оказания медицинской помощи, если они реализованы в микрофлюидной среде. Выбор оптимальной схемы производства, особенно с точки зрения упрощения процедуры, стоимости и времени, остается одной из постоянных трудностей,

возникающих при создании микрофлюидных устройств, даже после столь значительного прогресса.

ССЫЛКИ:

- [1] Т. J. Fortin и А. Laesecke, "Измерения вязкости авиационных турбинных топлив", Энергия и топливо, 2015, doi: 10.1021/acs.energyfuels.5b00423.
- [2] R. Jethra, "Измерение вязкости", ISA Trans., 1994, doi: 10.1016/0019-0578(94)90101-5.
- [3] Н. Кокубо, Т. Ниши, Х. Охта и Х. Яmano, "Измерение вязкости никеля и нержавеющей стали с целью систематического измерения вязкости для расплавленной смеси нержавеющей стали и карбида бора", Nippon Kinzoku Gakkaishi/Journal Japan Inst. Met., 2018, doi: 10.2320/jinstmet.JAW201812.
- [4] V. Шпетух, Й. Петрик, Е. Грамбалова, Д. Медведь и П. Палфи, "Возможности процесса измерения вязкости", Acta Metall. Slovaca, 2015, doi: 10.12776/ams.v21i1.471.