

Э.Р. Менумеров, Симферополь, Украина

ВЛИЯНИЕ АНТИОКСИДАНТНЫХ ПРИСАДОК НА ВЯЗКОСТНО – ТЕМПЕРАТУРНЫЕ СВОЙСТВА СОТС РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРИРОДЫ

У статті розглядається вплив антиоксидантних присадок на в'язкість змащувально – охолоджувальних технологічних середовищ, виготовлених на основі рослинних олій. Показаний незначний вплив антиоксидантів на кінематичну і динамічну в'язкість, особливо помітний при температурах більш ніж 80°C.

В статье рассматривается влияние антиоксидантных присадок на вязкость смазочно – охлаждающих технологических сред изготовленных на основе растительных масел. Исследованы температурные зависимости вязкости масел с различным содержанием присадок. Показано незначительное влияние антиоксидантов на кинематическую и динамическую вязкость, особенно при температурах свыше 80°C.

J.E.R. MENUMEROV

INFLUENCE OF ANTIOXIDANT ADDITIVES ON VISCOSITY-TEMPERATURE PROPERTIES OF THE VEGETATIVE NATURE LUBRICANT-COOLING AGENT

In article influence antioxidant additives on viscosity-temperature properties vegetable oils based metalworking fluids is considered. Insignificant influence of antioxidants on the kinematic and dynamic viscosity, especially appreciable is shown at low temperatures.

Одними из важнейших эксплуатационных характеристик смазочных материалов, регламентируемые ГОСТ, являются их вязкостные и вязкостно-температурные свойства. Вязкость (внутреннее трение), как свойство жидкости создавать сопротивление внешним силам перемещения, проявляется при любых условиях резания в присутствии СОТС. Техническое значение вязкости смазочных масел, прежде всего, определяется влиянием этого свойства на силы трения и износ смазанных трущихся поверхностей.

Согласно полученным данным [1] антиоксиданты способствуют повышению окислительной стойкости растительных масел и облегчению процесса резания. Именно низкая окислительная стойкость последних является одним из главных сдерживающих факторов применения в качестве СОТС растительных масел. В работе [1] на основе экспериментальных данных и анализа физико-химических свойств, смешиваемых компонентов СОТС показана возможность применение в качестве эффективных присадок соединений на основе недорогого, природного и экологически безвредного антиоксиданта – витамина Е (α -токоферола).

Однако, в настоящее время, имеются ограниченные сведения о влиянии АО на внутреннее трение растительных масел и практически не изучены зависимости их вязкости от температуры внешней среды.

В работе [2] исследовались вязкостно-температурные свойства растительных масел с различной концентрацией примесей на основе АО. Увеличение или уменьшение вязкости зависело от вида растительного масла и смеси

АО растворенного в нем. Однако в данной работе использовались генно-модифицированные растительные масла и синтетические АО.

Вязкостные свойства, характеризующие работу сопряжения при трении, оцениваются показателями динамической и кинематической вязкости. Динамическая вязкость используется при расчетах сил трения согласно гидродинамической теории смазки. Теоретические основы учения о полной жидкостной смазке были сформулированы Н.П. Петровым [3] при этом зависимость коэффициента трения от динамической вязкости имеет вид:

$$f = \frac{\eta \cdot v}{P \cdot h}, \quad (1)$$

где η – динамическая вязкость жидкости, v – скорость перемещения движущихся поверхностей, P – удельная нагрузка на движущуюся поверхность, h – толщина слоя смазки.

Ряд фактов свидетельствует о том, что в различных режимах смазки вязкость масел является не единственным фактором, определяющим трение. Растительные масла и животные жиры в большинстве случаев обеспечивают более низкое трение, чем равновязкие с ними минеральные масла. Олеиновая и хлорстеариновая кислоты снижают коэффициент трения и расширяют область жидкостной смазки, практически не влияя на вязкость.

Свойство, обуславливающее разницу в трении, большую, чем разница, связанная с вязкостью масел, получило название маслянистости. Она играет основную роль в граничном режиме смазки. Б. В. Дерягин, А. С. Ахматов, М. М. Кусаков [3] и другие считают, что маслянистость является следствием упругости, повышенной вязкости и других механических свойств жидкости в поверхностном слое на границе с твердым телом.

Кинематическая вязкость становится важной вследствие целесообразности применения растительных масел в качестве СОТС при помощи устройств минимизированной подачи. Именно кинематическая вязкость определяет процессы смесеобразования в устройствах подачи СОТС, в частности форму и строение факела, размеры образующихся капель, дальность проникновения капель в зону резания и т.п.

Целью данной работы является определение степени влияния АО на вязкостные характеристики СОТС растительной природы.

Для достижения поставленных целей в работе решались следующие задачи:

- определение зависимости кинематической вязкости от температуры масел;
- измерение плотности масел при различных температурах;
- расчет и построение зависимости динамической вязкости от температуры масел.

В соответствии с поставленными задачами исследовались подсолнечное и рапсовое растительные масла, как наиболее распространенные в нашей стране, имеющие подходящие для СОТС физико-химические свойства, а также высокие трибологические характеристики [4]. В качестве антиоксиданта

использовался α -токоферол (витамин E), концентрация которого в подсолнечном масле составляла 4%, в рапсовом 3%.

Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости проводились согласно ГОСТ 33–2000 (ИСО3104 – 94). Сущность метода заключалась в измерении времени истечения определенного объема испытуемой жидкости через калиброванный стеклянный капилляр, под влиянием силы тяжести при постоянной температуре. Величина кинематической вязкости (в $\text{мм}^2/\text{с}$) жидкостей, при этом, определяется произведением измеренного времени истечения на постоянную прибора. В настоящей работе для измерения вязкости масел использовался капиллярный вискозиметр типа ВПЖТ-2 (ГОСТ 10028) обеспечивающий варьирование температуры исследуемой жидкости в пределах 20...100 $^{\circ}\text{C}$, измерение температуры осуществлялось посредством термометров типа ТИН-10 (ГОСТ 400) с точностью $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$, плотности - ареометром АНТ-1 890 - 950 ГОСТ 18481-81.

Динамическая вязкость масел рассчитывалась по соотношению:

$$\eta = \frac{v \cdot \rho}{1000},$$

где η – динамическая вязкость (сПз), v – кинематическая вязкость ($\text{мм}^2/\text{с}$), ρ – плотность масла ($\text{кг}/\text{м}^3$).

Согласно поставленным задачам, на начальном этапе определялась зависимость кинематической вязкости от температуры (рис. 1).

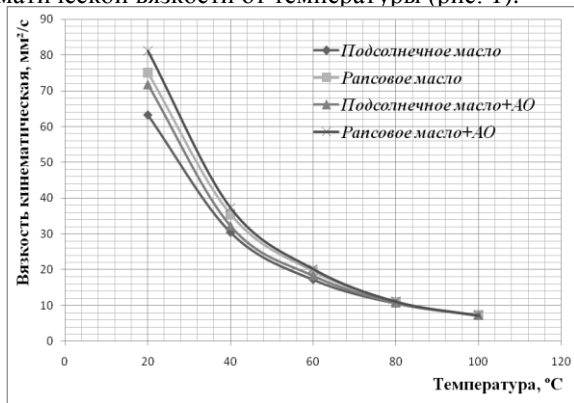


Рисунок 1 – Зависимость кинематической вязкости от температуры масел

СОТС в распыленном состоянии подаются в зону резания путем их смешивания и сжатого воздуха в виде аэрозоли. Смешивание смазывающей среды со сжатым воздухом может осуществляться как в специальном резервуаре предварительно, так и непосредственно в распылительных дюзах [5]. При этом данные СОТС не нагреваются и имеют температуру окружающей среды. Это обстоятельство позволяет раскрыть положительные и отрицательные стороны увеличения кинематической вязкости модифицированных АО масел при температурах близких к 20 $^{\circ}\text{C}$, в которых и находятся СОТС до подачи в зону резания.

Повышение вязкости модифицированных масел при 20°С (на 7 мм²/с в случае с рапсовым и на 9 мм²/с подсолнечным маслами), в значительной мере может определить процессы смесеобразования в устройствах минимизированной подачи, форму факела СОТС, размеры образующихся капель, проникающую способность. В частности, затрудняется прохождение СОТС через подающее устройство; ухудшается распыливание СОТС (образуются крупные капли); уменьшается дальнобойность струи СОТС; загрязняются сопла распылителей форсунок и т.п.. Однако, низкая плотность и вязкость обеспечивая лучшее распыливание СОТС, увеличивает подтекание и просачивание СОТС во всех зазорах и неплотностях, что приводит к увеличению расхода дорогостоящих СОТС; ухудшает смазывающие свойства СОТС; увеличивает «туманность» при работе с СОТС, что неблагоприятно влияет на главное свойство СОТС растительной природы, а именно безопасность для человека (затрудняется дыхание и раздражаются слизистые оболочки).

В соответствии с методикой исследований, для расчета динамической вязкости определялась плотность исследуемых масел при различных температурах (рис.2).

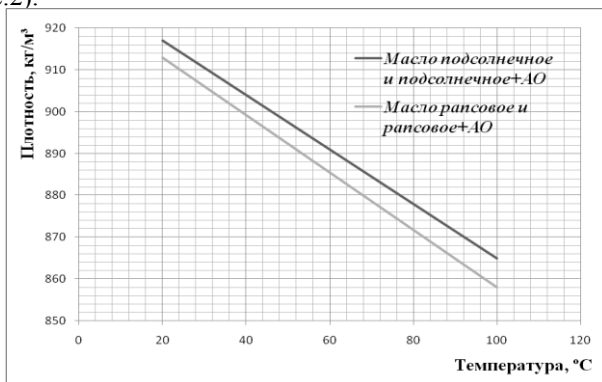


Рисунок 2 – Зависимость плотности от температуры масел

Так как составы подсолнечного и рапсового масел очень схожи, плотности этих масел практически одинаковы (различие в среднем составляет ≈ 6 кг/м³). Полное отсутствие влияние АО на плотность исходных масел объясняется схожестью строения молекул витамина Е и триглицеридов растительных масел, а также ввиду очень малых концентраций АО в маслах.

Определив кинематическую вязкость и плотность при различных температурах, была рассчитана и построена зависимость динамической вязкости (коэффициента внутреннего трения) от температуры (рис.3).

Обращает внимание различие в динамических вязкостях чистых подсолнечного и рапсового масел. В некоторых случаях этот показатель можно считать отличительной чертой рапсового масла, так как при этом плотности изучаемых растительных масел практически одинаковы (рис. 2). Это можно объяснить тем, что хотя составы рапсового и подсолнечного масел близки между

собой, имеются различие в количественном выражении. В молекулы триглицеридов рапсового масла входят кислотные остатки с большим содержанием углеводов, и соответственно большей молекулярной массой. Также вязкость снижается со степенью ненасыщенности жирных кислот (степень ненасыщенности жирных кислот подсолнечного масла выше, чем рапсового).

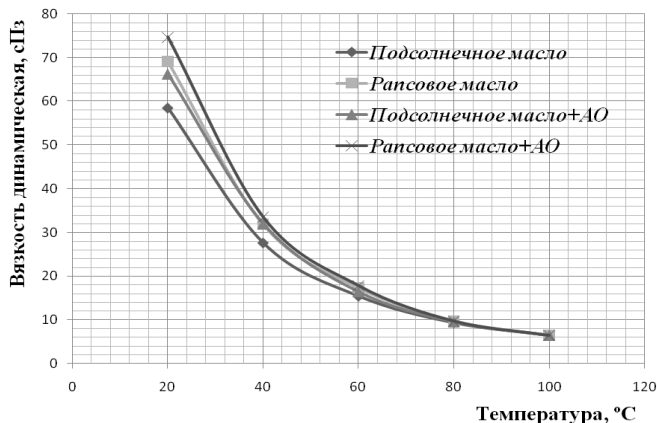


Рисунок 3 – Зависимость динамической вязкости от температуры масел

Влияние АО на повышение динамической вязкости в маслах происходит лишь при невысоких температурах. Особенно заметно увеличение вязкости при 20°C в случае с подсолнечным маслом (~14%), по сравнению с рапсовым (~8%), что связано в первую очередь со степенью ненасыщенности жирных кислот первого и как следствие большим содержанием в нем АО.

Модифицированное подсолнечное масло имеет практически такую же вязкость, как и чистое рапсовое масло, чем в принципе нивелирует отличительную черту последнего.

Вязкость жидкостей обусловлена межмолекулярным взаимодействием, ограничивающим подвижность молекул. В жидкости молекула может проникнуть в соседний слой лишь при образовании в нём полости, достаточной для перескакивания туда молекулы. На образование полости (на «рыхление» жидкости) расходуется так называемая энергия активации вязкого течения. Энергия активации уменьшается с ростом температуры и понижением давления. В этом состоит одна из причин резкого снижения вязкости в жидкостях с повышением температуры и роста её при высоких давлениях.

Величина вязкости жидкостей зависит от химической структуры их молекул. В рядах сходных химических соединений (насыщенные углеводороды, спирты, органические кислоты и т.д.) вязкость изменяется закономерно – возрастает с возрастанием молекулярной массы. Высокая вязкость растительных масел объясняется наличием в их молекулах циклов. Две жидкости различной вязкости, которые не реагируют друг с другом при смешивании, обладают в смеси средним значением вязкости. Если же при смешивании образуется химическое соединение, то вязкость смеси может быть значительно больше, чем

вязкость исходных жидкостей. Именно с этим обстоятельством, а именно полным смешиванием α – токоферола с маслом, являющегося производным циклического ненасыщенного спирта токола, происходит общее повышение вязкости модифицированных растительных масел. Также повышение вязкости связано с достаточно большими размерами молекул токоферола и способностью его соединяться по месту двойных связей с триглицеридами.

Практически полное отсутствие влияние АО на вязкость масел при повышенных температурах, свидетельствую о том, что АО уже после 80°C практически не меняют реологических свойств СОТС. Это обстоятельство позволяет в дальнейшем не принимать во внимание изменение вязкости модифицированных СОТС в реальных условиях обработки металлов резанием, температура которых значительно выше 80°C, после которых АО не влияют на вязкость. Повышение же вязкости при низких температурах противоречиво влияет на эксплуатационные свойства СОТС растительной природы. С одной стороны, увеличение вязкости благоприятно влияет на смазывающую способность масел и снижает «туманность» при подаче СОТС в виде аэрозоли в зону резания. С другой стороны, при этом уменьшается дальнобойность струи СОТС (увеличивается диаметр образующихся при распылении капель) и как следствие их проникающая способность.

Таким образом, проведенные исследования показывают возможность существенного повышения технико-эксплуатационных качеств СОТС на основе растительных масел путем дозированного введения в их состав антиоксиданта – природного, биологически безвредного α -токоферола (витамина Е).

Список использованных источников: 1. Менумеров Э.Р. Повышение окислительной стойкости СОТС растительной природы присадками из антиоксидантов / Менумеров Э.Р., Якубов Ч.Ф. // «Высокие технологии в машиностроении», НТУ «ХПИ», г. Харьков, 2009 . – С. 123 – 131. 2. Binggeli M. New ester based metalworking fluids / Einsatz in der spanenden Fertigungstechnik / University of Stuttgart, 2001. – С. 198 – 210. 3. Костецкий Б.И. Трение, смазка и износ в машинах. Киев, «Техника», 1970. – С. 168 - 171. 4. Менумеров Э.Р. О возможности повышения эксплуатационных характеристик СОТС на основе растительных масел / Менумеров Э.Р., Якубов Ч.Ф., Аметов И.Э. // Вестник Хмельницкого национального университета. - №6. г. Хмельницкий, 2006. – С. 44 - 48. 5. Weinert K. Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung/ Einsatz in der spanenden Fertigungstechnik / Hrsg.: Weinert, K., Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur, Tokio: Springer-Verlag, 1998.

Поступила в редколлегию 16.05.2011

Bibliography (transliterated): 1. Menumerov Je.R. Povyshenie oksilitel'noj stojkosti SOTS rastitel'noj prirody prisadkami iz antioksidantov / Menumerov Je.R., Jakubov Ch.F. // «Vysokie tehnologii v mashinostroenii», NTU «HP», g. Har'kov, 2009 . – S. 123 – 131. 2. Binggeli M. New ester based metalworking fluids / Einsatz in der spanenden Fertigungstechnik / University of Stuttgart, 2001. – S. 198 – 210. 3. Kosteckij B.I. Trenie, smazka i iznos v mashinah. Kiev, «Tehnika», 1970. - S. 168 - 171. 4. Menumerov Je.R. O vozmozhnosti povysheniya jekspluatacionnyh harakteristik SOTS na osnove rastitel'nyh masel / Menumerov Je.R., Jakubov Ch.F., Ametov I.Je. // Vestnik Hmel'nickogo nacional'nogo universiteta. - №6. g. Hmel'nickij, 2006. – S. 44 - 48. 5. Weinert K. Trockenbearbeitung und Minimalmengenschmierung/ Einsatz in der spanenden Fertigungstechnik / Hrsg.: Weinert, K., Berlin, Heidelberg, New York, Barcelona, Hongkong, London, Mailand, Paris, Singapur, Tokio: Springer-Verlag, 1998.