

УДК 691.175.6

**А. С. Неверов, д-р техн. наук, проф., И. В. Приходько, Ю. А. Воробьев,
Ж. Н. Громыко**

КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ КОЛЛОИДНЫХ РАСТВОРОВ ПОЛИЭТИЛЕНА В ЖИДКИХ УГЛЕВОДОРОДАХ

Рассматривается вопрос создания смазочно-охлаждающей жидкости на основе коллоидных растворов полиэтилена в жидких углеводородах. Проведено исследование трибологических характеристик разрабатываемых смазок с целью подбора смазочного материала с оптимальными антифрикционными свойствами. Экспериментально выявлена зависимость между составом смазочной жидкости и ее охлаждающим действием.

Введение

Комплексный характер требований, предъявляемых к смазочно-охлаждающим жидкостям (СОЖ), предопределяет сложность задачи, стоящей перед материаловедами в этой области машиностроения. С одной стороны, этот материал должен обеспечивать смазывание поверхностей взаимодействующих деталей и уменьшать трение, с другой – эффективно отводить теплоту, защищать поверхность от коррозии, смывать продукты износа, пыль и другие загрязнения. С первой задачей неплохо справляются минеральные масла, но они, являясь плохими проводниками тепла, не обеспечивают надежный отвод тепла от рабочей поверхности. С отводом тепла нет проблем у СОЖ на водной основе, однако они обладают плохими смазывающими и антикоррозионными свойствами. Совмещение двух этих жидкостей в виде эмульсий дает неплохой результат, однако не решает проблему защиты металлов от коррозии. Поэтому исследования в этой области машиностроения, направленные на создание новых составов смазочно-охлаждающих жидкостей, являются весьма актуальными.

Цель данной работы – исследовать возможность применения в качестве СОЖ коллоидных систем на основе ПЭ, предельных низкомолекулярных углеводородов, воды и стабилизирую-

щих добавок. При этом совместимость такой системы [1] может быть достигнута с помощью полярных молекул, содержащихся в составе искомого материала.

Основная часть. Полиэтилен в виде полимерного порошка хорошо совместим с отработанным минеральным маслом и водой. Содержащиеся в таком масле полярные продукты, образующиеся при трении, выполняют функцию ПАВ, позволяя получить коллоидную систему [3]. Однако отработанное масло включает частицы металла и другие загрязнения и его нельзя использовать в узлах трения. Поэтому нами была исследована возможность частичной замены минерального масла, подвергнутого предварительной очистке, нефтью, учитывая, что в ее составе содержится также много полярных веществ.

Композиционный материал, полученный при смешивании нефти, масла и воды, после добавки определенного количества полимерного порошка, а также полученный при нагревании этой смеси коллоидный раствор длительное время не расслаивались при стоянии. В процессе эксплуатации при перемешивании вязкость смеси существенно возрастает. Оптико-микроскопические исследования показали, что причиной этого является поглощение смесью пузырьков воздуха. То есть смесь взбивается, однако при стоянии вязкость возвращается

к исходному значению. Было установлено, что смешать с водой остальные ингредиенты этой смеси в отсутствие, какого-либо компонента не удается.

Исследования триботехнических

характеристик разработанных материалов выполнялись на стенде для испытаний материалов на износ (рис. 1) по схеме вал–вкладыш.

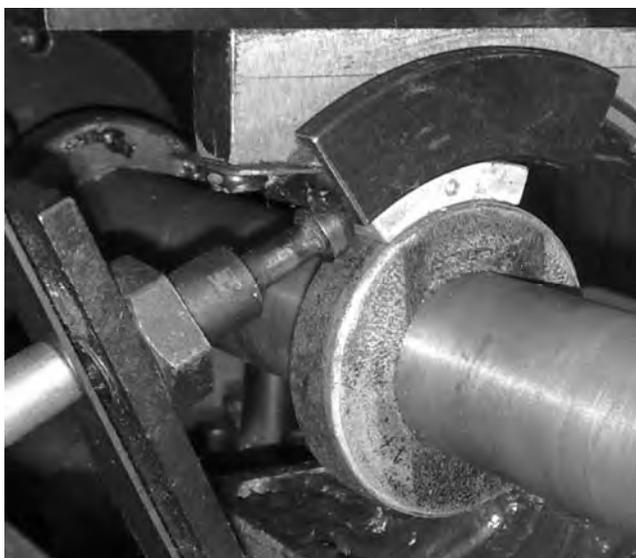


Рис. 1. Стенд для испытаний материалов на износ

Износ определялся по изменению массы образцов в процессе эксплуатации. Трение образца, который представляет собой кольцевой сектор, выполненный из алюминия, осуществлялось по сменному кольцу, выполненному из того же материала и установленному на валу. Длительность каждого испытания составляла 40 мин.

Результаты, представленные на рис. 2, свидетельствуют о том, что используемые в процессе создания композиционного материала компоненты, а именно нефть и масло, сами по себе обладают достаточно высокими антифрикционными свойствами (относительный износ в 5 раз меньше, чем при сухом трении).

Полученные результаты позволяют судить о допустимости частичной замены отработанного масла нефтью без значительного изменения относительного износа при трении. Масло и нефть хорошо смешиваются с полимером, образуя суспензию [2]. По резуль-

татам триботехнических испытаний, приведенным на рис. 3, можно судить о возможности использования полимерной композиции в качестве смазочного материала.

При добавлении в масло полиэтилена менее полутора процента на поверхности образца и контртела формируется неустойчивая тонкая пленка пластифицированного полиэтилена, легко срывающаяся в процессе трения. Она скапывается в клубки, выполняющие функцию своеобразного абразива. Это приводит к некоторому возрастанию износа (рис. 3, кривая 2). При увеличении содержания полиэтилена пленка уплотняется, становится более прочной и устойчивой к срыву. Она заполняет зазоры и шероховатости трущихся поверхностей, что и обуславливает снижение величины износа. Аналогичные процессы, только выраженные еще ярче, имеют место при трении коллоидных растворов полиэтилена в нефти (рис. 3, кривая 1).

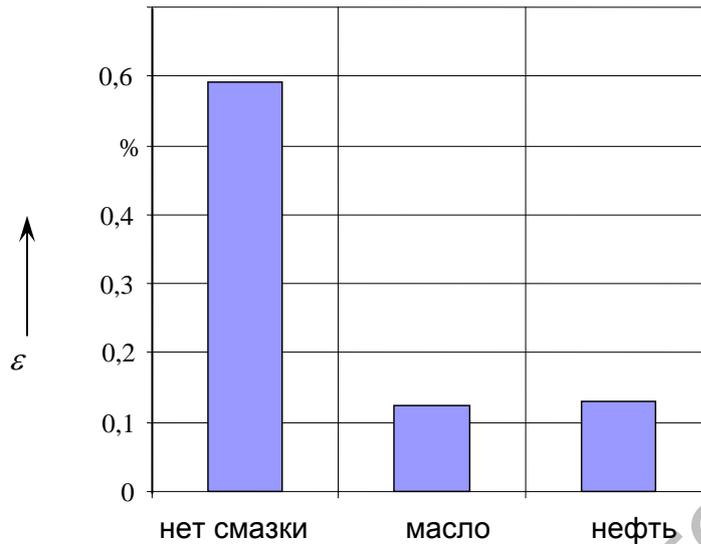


Рис. 2. Сравнительный анализ относительного износа образцов

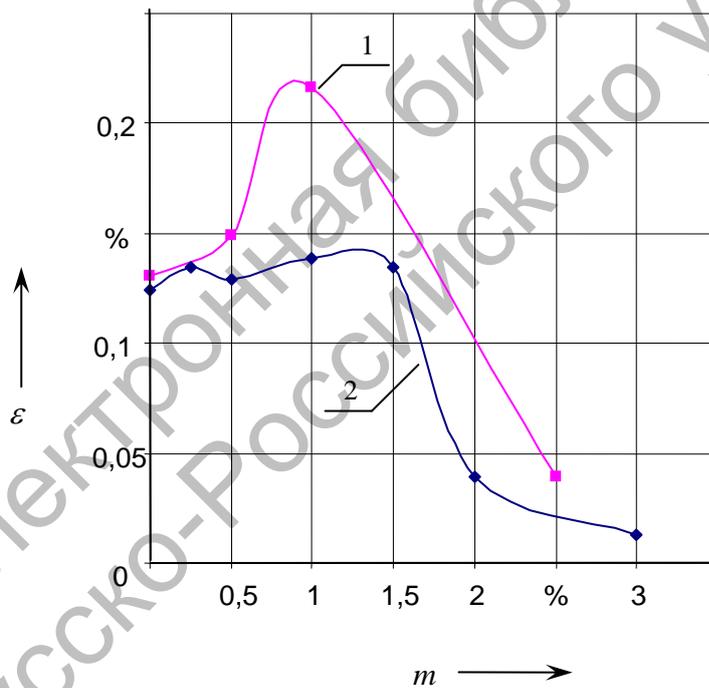


Рис. 3. График зависимости износа образца от содержания ПЭ

На начальном этапе введения полиэтилена в нефть (до 1 %) износ возрастает еще сильнее, чем в коллоидных растворах на основе масла. Это вызвано тем, что процессы студнеобразования в нефти, как показали эксперименты, протекают более интенсивно. При 2,5...3-процентном содержании полиэтилена в нефти колло-

идный раствор при охлаждении полностью застудневает в виде вязкой однородной массы. Это обуславливает формирование при трении таких растворов более толстой пленки смазки между трущимися поверхностями, что существенно снижает износ по сравнению с аналогичными составами на основе ми-

нерального масла. При содержании в нефти около 1 % полиэтилена процессы студнеобразования еще не завершены, состав не однороден, в нем присутствуют более плотные частично застудневшие образования. Это приводит к неравномерному протеканию процессов трения и повышенному износу. Таким образом, при малых концентрациях ПЭ в растворе его противоизносные свойства практически не отличаются от аналогичных свойств чистого масла и нефти и даже возрастают, но при увеличении концентрации износ образцов резко снижается.

Помимо уменьшения износа, смазочный материал должен обеспечивать хороший отвод тепла от взаимодействующих поверхностей [4]. Эту пробле-

му можно решить добавлением в получившийся композиционный материал воды.

Однако триботехнические исследования композиционного материала на основе порошкового полиэтилена и смеси нефти, масла и воды показали (рис. 4), что его применение приводит к повышенному износу трущихся поверхностей, причиной которого являются частицы полимера. Поэтому было решено заменить полиэтилен порошкообразным графитом. Механизм взаимодействия графита с остальными компонентами композиционного материала должен был быть подобным таковому для полиэтилена, т. к. и тот, и другой материалы гидрофобные и неполярные.

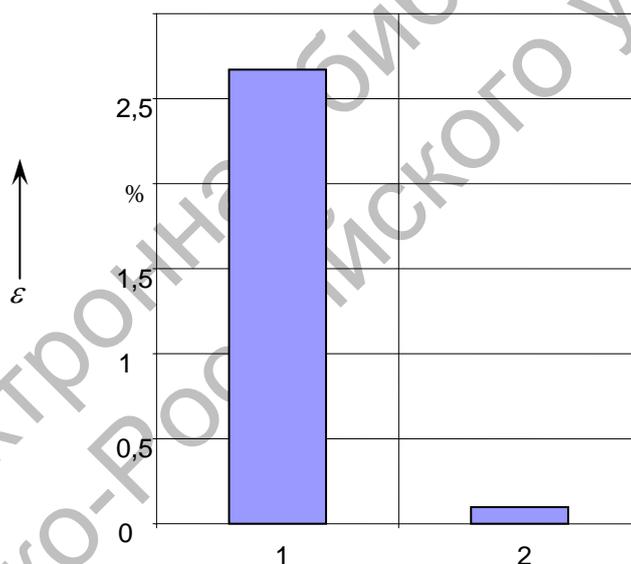


Рис. 4. График зависимости относительного износа образца от вида смазочного материала: 1 – нефть, масло, ПЭ (порошок), вода; 2 – нефть, масло, графит (порошок), вода

Эксперименты по определению влияния смазки на нагрев трущихся образцов проводили при тех же режимах нагружения и скоростях вращения, что и эксперименты по определению износа. Температуру измеряли с помощью проградуированной хромель-копелевой термопары. Для закрепления термопары на боковой стороне образца высверли-

вали отверстие такой глубины, чтобы поместить термопару посередине образца. Как свидетельствует рис. 5, введение полиэтилена в минеральное масло в количестве до 1 % приводит к снижению приблизительно вдвое тепловыделения при трении алюминия по алюминию в условиях смазки пары трения соответствующим коллоидным

раствором (кривая 1) и почти в четыре раза по отношению к трению без смазки (кривая 2). При дальнейшем увели-

чении содержания полиэтилена в смазке величина тепловыделения практически не изменяется.

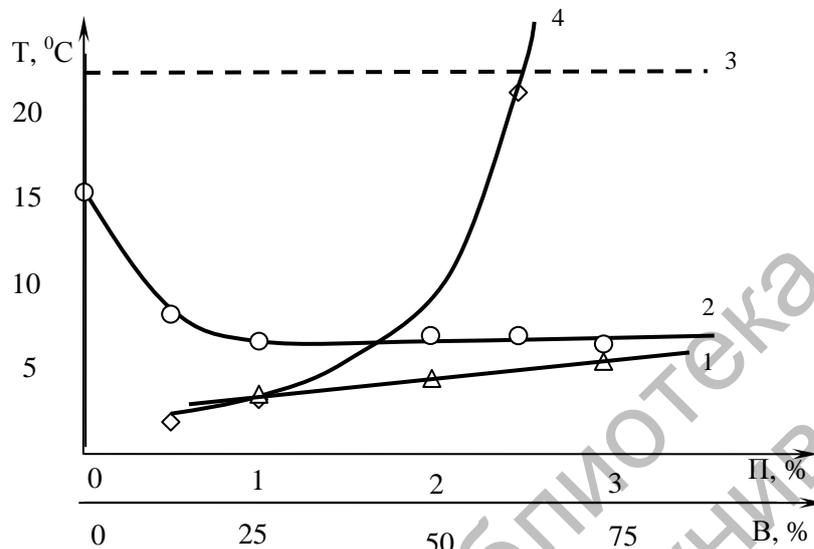


Рис. 5. График зависимости изменения температуры T алюминиевых образцов при трении в присутствии смазочных сред различного состава: 1 – зависимость ΔT от содержания воды (B) в смеси нефти, графита и масла (1:1:1); 2 – зависимость ΔT от содержания ПЭ (Π) в коллоидном растворе на основе минерального масла; 3 – трение без смазки; 4 – зависимость ΔT от содержания ПЭ (Π) в коллоидном растворе на основе нефти

Полученные данные подтверждают вывод о формировании устойчивой пленки пластифицированного полиэтилена на трущихся поверхностях при содержании полиэтилена в коллоидном растворе более 1...1,5 %. Установившийся режим трения приводит к стабилизации процессов генерирования и отвода тепла. При этом дальнейшее увеличение содержания полиэтилена существенно не нарушает установившийся тепловой режим, т. к. условия трения не изменяются (поверхности контактируют через слой полимера, состав которого остается практически неизменным). Однако толщина пленки при этом возрастает, что существенно отражается на величине износа, т. к. вероятность контактирования выступов сопрягаемых поверхностей снижается и это приводит к соответствующему снижению изнашивания трущихся поверхностей.

Для коллоидных растворов полиэтилена в нефти (рис. 5, кривая 4) при

малом содержании полиэтилена (менее 1,5 %) тепловыделение в узле трения незначительно (в 2...3 раза меньше, чем в соответствующих коллоидных растворах на основе минеральных масел), однако с увеличением содержания полиэтилена сверх этого предела тепловыделение резко возрастает. Это можно объяснить формированием в контакте трущихся поверхностей более толстой пленки пластифицированного полиэтилена за счет более интенсивного процесса студнеобразования в растворах на основе нефти, отмеченного в предыдущем разделе. Деформация такого слоя при трении и обуславливает повышенное тепловыделение. Наименьшее тепловыделение при трении наблюдается при использовании в качестве смазки смесей нефти, минерального масла, графита и воды в различных соотношениях (рис. 5). При соотношении нефти, масла и графита 1:1:1 введение воды приводит к незначительному, практиче-

ски линейному возрастанию тепловыделения, что может быть обусловлено меньшей теплопроводностью воды по сравнению с графитом. Изменение содержания воды в такой смеси практически не влияет на ее физико-механические свойства. При 75 % воды после тщательного перемешивания вязкость смеси практически такая же, как и при 25-процентном ее содержании, напоминая по консистенции густую сметану. Однако оптико-микроскопические исследования свидетельствуют, что строение коллоидной системы при этом изменяется. При малом содержании воды система представляла собой эмульсию воды в масле, стабилизированную нефтью и графитом. При содержании воды более 50 % образуется обратная эмульсия, т. е. эмульсия масла в воде, стабилизированная нефтью и графитом.

Вывод

Результаты исследований свидетельствуют, что наименьший износ при трении алюминия по алюминию в одинаковых условиях нагружения наблюдается при использовании в качестве смазки коллоидных растворов полиэтилена в минеральном масле МС-20 с содержанием полимера более 1,5 %. При этом максимальное содержание полимера в коллоидном растворе определяется условиями его формирования и не может превышать 4...5 %, т. к. такой раствор приобретает слишком большую вязкость. Оптимальным является со-

держание полимера в коллоидном растворе 1,5...3 %. Хорошие результаты показала смазка на основе минерального масла МС-20, нефти, графита и воды, взятых в равных объемных отношениях. Смесь характеризуется хорошими антифрикционными свойствами, низкой величиной износа, низким тепловыделением при трении. Однако она неустойчива при хранении и перед употреблением требует тщательной гомогенизации путем интенсивного перемешивания. Такой же недостаток у аналогичной смеси, в которой графит заменен полиэтиленовым порошком. К тому же использование такой смазки приводит к повышенному износу трущихся поверхностей, по-видимому, полиэтиленовый порошок выполняет в этом случае функцию абразива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гольдаде, В. А. Низкомодульные композиционные полимерные материалы на основе термопластов / В. А. Гольдаде, А. С. Неверов, Л. С. Пинчук. – Минск : Наука и техника, 1984. – 215 с.
2. Кулезнев, В. Н. Совместимость полимеров. Энциклопедия полимеров / В. Н. Кулезнев. – М., 1977. – Т. 3. – С. 433–439.
3. Смазочно-охлаждающие жидкости на водной основе / А. Ю. Клюев [и др.] // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2004. – Т. 9, № 3. – С. 27–45.
4. Шийчук, А. В. Окисленный низкомолекулярный полиэтилен (ОНМПЭ) как смазочно-охлаждающие средства / А. В. Шийчук, Д. В. Колесникова // Химия и технология топлив и масел – 2004. – № 7. – С. 5–6.

Белорусский государственный университет транспорта
Материал поступил 25.05.2010

**A. S. Neverov, I. V. Prikhodko,
Y. A. Vorobjov, Zn. N. Gromyko**
**Composite materials of lubricating and
cooling action on the basis of colloidal
polyethylene solutions in liquid hydrocarbons**

The question of creation of lubricating and cooling liquids on the basis of colloidal polyethylene solutions in liquid hydrocarbons is considered. Researches of technical characteristics of developed lubrications have been carried out for the purpose of selection of lubricant with optimum antifriction properties. Dependence between structure lubricating liquids and its cooling action has been experimentally revealed.