

УДК 621.892

ИССЛЕДОВАНИЕ СМАЗОЧНОЙ СПОСОБНОСТИ РАСТВОРОВ ОРГАНИЧЕСКИХ И НЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

И. И. ЗЛОТНИКОВ^{а+}, С. Ф. СЕЛИЦКИЙ^а, Н. Ф. СОЛОВЕЙ^б, А. Б. КОЗЛОВ^б,
П. Д. ПЕТРАШЕНКО^в

Изучено влияние концентрации и состава водных растворов органических и неорганических полимеров (олигомеров, мономеров) на их смазочную способность. В качестве объектов исследования были выбраны: поливиниловый спирт, сополимер акриламида с акрилатами аммония и щелочных металлов, фенолоформальдегидная смола, ϵ -капролактан и силикат натрия — жидкое стекло. Обсуждается перспективность использования рассмотренных полимеров в качестве компонентов новых СОЖ.

Ключевые слова: водорастворимые полимеры, смазочно-охлаждающие жидкости, обработка металлов резанием и шлифованием, интенсивность съема металла.

Введение. В развитии технологии обработки металлов резанием особое место занимает совершенствование составов смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Рациональный подбор СОЖ позволяет увеличить стойкость режущего инструмента, повысить качество обрабатываемой поверхности, а также улучшить экологические показатели. Вместе с тем, рост выпускаемой современной техники, неизбежно ведет и к росту объемов потребления СОЖ. Так на Гомельском заводе сельскохозяйственного машиностроения “Гомсельмаш” при производстве зерноуборочных и кормоуборочных комбайнов КЗС-7, КЗР-10, КЗК-100, КВС-800, КСК-6, КПр-9 ежемесячное потребление концентратов СОЖ достигает 12 т. Большое количество различных марок выпускаемых СОЖ с близкими эксплуатационными свойствами не позволяет технологам объективно оценивать и применять их при изготовлении деталей машиностроения.

В последнее время интенсивно ведутся работы по созданию новых СОЖ с использованием полимеров [1–7]. Такие СОЖ по своим эксплуатационным свойствам не уступают, а иногда и превосходят традиционные составы на основе нефтепродуктов. Вместе с тем практика их применения недостаточно широка, несмотря на все их достоинства. В связи с этим возникает необходимость углубления исследований по использованию водорастворимых органических полимеров в качестве основы СОЖ, что позволит расширить возможности их практического применения.

Среди неорганических водорастворимых полимеров особый интерес представляют растворы силиката натрия — жидкого стекла (ЖС). Изучение смазочной способности растворов ЖС было проведено в работе [8]. На основании проведенных исследований был сделан вывод, что использование ЖС как смазочного материала в чистом виде невозможно, что связано в первую очередь с быстрым высыханием ЖС и его карбонизацией под действием углекислого газа воздуха. Однако сильно разбавленные растворы ЖС можно использовать в качестве основы СОЖ для хонингования металлов [9, 10].

Цель работы — изучение смазочной способности водных растворов органических и неорганических полимеров, олигомеров, мономеров в зависимости от их природы, концентрации и состава.

а Институт механики металлополимерных систем им. В. А. Белого НАНБ. Беларусь, 246050, г. Гомель, ул. Кирова, 32а.

б ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике. Беларусь, г. Гомель.

в Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого. Беларусь, г. Гомель.

+ Автор, с которым вести переписку.

Материалы и методы исследования. В качестве объектов исследования были выбраны: поливиниловый спирт (ПВС) марки 7/1, водорастворимая феноло-формальдегидная смола (ФФС) марки СФЖ 3027, ϵ -капролактан (КЛ), сополимер акриламида с акрилатами аммония и щелочных металлов (САА) и натриевое жидкое стекло (ЖС) по ГОСТ 13078—81.

Перечисленные полимерные и полимеробразующие вещества различаются по:

- молекулярной массе: высокомолекулярные (ПВС, САА), олигомерные (ФФС, ЖС), мономерные (КЛ);
- природе: неорганический олигомер (ЖС) и органические — остальные;
- строению полимерных цепей: линейные (ПВС, САА, ЖС) и разветвленные (ФФС);
- элементному составу макромолекул: карбоцепные (ПВС), гетероцепные (САА), силоксановые (ЖС).

Кроме того, из патентных источников известны случаи использования некоторых из описанных выше веществ, однако механизм их действия неизвестен.

Сравнительные испытания смазочной способности водных растворов вышеперечисленных веществ проводили на машине трения СМЦ-2 по схеме вал—вкладыш при скорости $v = 0,5$ м/с. В качестве вала использовали ролик из стали 45 (48...50 HRC). Ширина ролика составляла 10, внешний диаметр — 40 мм, исходная шероховатость поверхности $R_a = 0,2 \pm 0,3$ мкм. Вкладыш из стали 3 представлял собой сектор кольца с внешним диаметром 60, внутренним 40 и шириной 10 мм. Коэффициент трения и интенсивность съема металла определяли по той же схеме, но в качестве ролика использовали абразивный круг диаметром 40 мм марки 25A25ПСТ15. Шлифование производили при скорости $v = 0,5$ м/с и нагрузке $p = 1$ МПа.

Подача растворов в зону трения осуществлялась путем окунания вращающегося ролика в кювету с испытываемой жидкостью, которая в процессе эксперимента обновлялась. Шероховатость обработанной поверхности измеряли на профилографе “Калибр ВЭИ”. Коррозионную агрессивность определяли капельным методом по ГОСТ 6243—75.

Результаты исследований и их обсуждение. Была исследована зависимость коэффициента трения пары сталь 45 — сталь 3 от концентрации растворов исследуемых веществ, используемых в качестве смазочного материала (рис. 1).

Видно, что коэффициент трения во всех растворах увеличивается с уменьшением концентрации, сначала плавно, а затем более резко. Крайняя левая точка на графиках соответствует концентрации, при уменьшении которой начинается задирирование поверхностей трения. Анализ полученных зависимостей показывает, что все полимерные материалы (ПВС, САА и высокомолекулярный олигомер ФФС) обладают более высокой смазочной способностью, чем мономер КЛ и низкомолекулярный неорганический олигомер — ЖС.

Хорошая смазочная способность полимерных растворов связана с особенностью строения полимеров: наличие длинных цепных макромолекул с резким различием характера связей вдоль цепи и между макромолекулами [11]. Длинные, гибкие и прочные макромолекулы препятствуют выдавливанию раствора из зазора между контактирующими поверхностями, а слабое межмолекулярное взаимодействие не препятствует их относительному скольжению, что обеспечивает низкое усилие сдвига. Это подтверждают и данные, приведенные на рис. 2: нагрузка заедания для полимерных растворов значительно выше, чем для КЛ и ЖС (крайняя правая точка на графике соответствует нагрузке, превышение которой приводит к задиру).

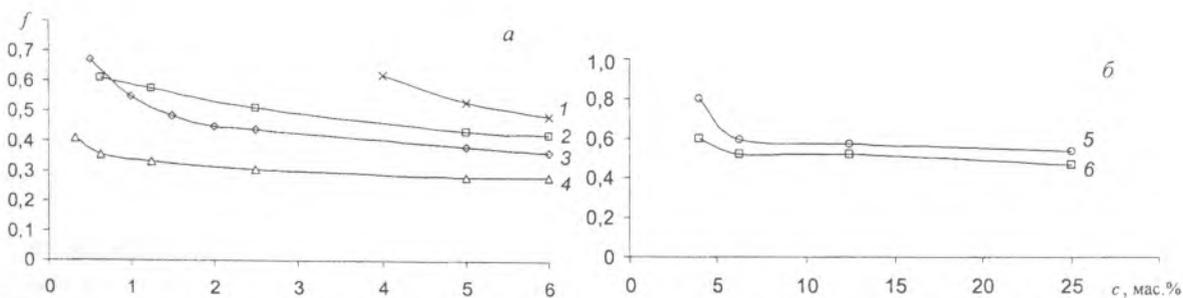


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения от концентрации растворов: 1 — КЛ, 2 — ПВС, 3 — САА, 4 — ФФС; 5 — ЖС, $m = 1,2$; 6 — ЖС, $m = 2,3$; $v = 0,5$ м/с; $p = 1$ МПа

Сказанное выше о механизме смазывающего действия органических полимеров относится и к неорганическому — ЖС. Из рис. 1, б следует, что ЖС с силикатным модулем (молярное отношение SiO_2 к Na_2O) $m = 2,3$ обладает лучшей смазочной способностью по сравнению с ЖС, имеющим $m = 1,2$. Молекулярное строение ЖС находится в прямой зависимости от его силикатного модуля. Так при $m = 1,2$ в растворе присутствуют практически только мономеры, в то время как при $m = 2,3$ ЖС представляет собой, в основном, смесь димеров и тримеров, в которой присутствуют и более высокомолекулярные продукты [12].

Следует отметить, что ЖС обеспечивает удовлетворительное смазывание поверхностей только при концентрации $> 5\%$, в то время как растворы органических полимеров хорошо работают при концентрации $\approx 1\%$, а в некоторых случаях и более низких. При этом задиры поверхностей при использовании органических полимеров выражен значительно слабее, чем при использовании ЖС — в последнем случае первые признаки задира быстро приводят к заклиниванию узла трения. Такое различие в поведении растворов органических и неорганических полимеров можно объяснить следующим. На пятнах фактического контакта, где развиваются высокие температуры, происходит испарение воды и выделение в первом случае частиц органических полимеров, а во втором — силиката натрия и кремнезема. Но органические полимеры обладают эффектом самосмазывания, а частицы силиката натрия и кремнезема, наоборот — абразивными свойствами, что приводит к выраженному задире, а затем и заклиниванию.

Что касается водных растворов КЛ, то механизм их смазочного действия иной. Как следует из рис. 1 раствор КЛ не позволяет получить низкий коэффициент трения пары сталь 45—сталь 3. Он заметно выше, чем при использовании органических полимеров и находится на одном уровне с растворами ЖС. Однако, как показали проведенные исследования, использование КЛ целесообразно при высоких нагрузках, т. к. он обладает противозадирными свойствами. Механизм этого действия связан не со строением молекул КЛ, а с их химической активностью по отношению к металлическим поверхностям. Как отмечается в работе [13], КЛ способен к химическому взаимодействию с окислами металлов, в первую очередь окислами железа с образованием комплексных соединений, которые обеспечивают антифрикционные и противозадирные свойства металлическим поверхностям.

Проведенные исследования послужили основой для разработки составов комбинированных силикаторганических технологических жидкостей пригодных для абразивной обработки металлов (табл. 1, 2).

Для сравнения была испытана полимерсодержащая СОЖ отечественного производства марки МХО-67, рекомендуемая к применению в виде 5%-ной водной эмульсии. В качестве полимерной добавки данная СОЖ содержит полиэтиленовую эмульсию.

Лабораторные испытания показали, что силикаторганические СОЖ обладают хорошими технологическими свойствами. Разработанные составы были использованы в промышленных условиях на операциях шлифования в ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике.

Таблица 1. Составы силикаторганических СОЖ

Компонент	Содержание с, мас. %	
	Состав 1	Состав 2
Натрисвос жидкое стекло	3,3	2,6
Триэтанолламин	3,1	2,1
Поливиниловый спирт	2,5	—
ε-капролактан	—	3,0
Кальцинированная сода	—	0,2
Вода	до 100	до 100

Таблица 2. Свойства СОЖ

Показатель	Состав 1	Состав 2	МХО-67
Коэффициент трения f	0,62	0,58	0,73
Интенсивность съема I , мг/ч	63	72	21
Шероховатость обработанной поверхности R_a , мкм	0,60	0,80	1,20
Коррозионная агрессивность	нет	нет	следы

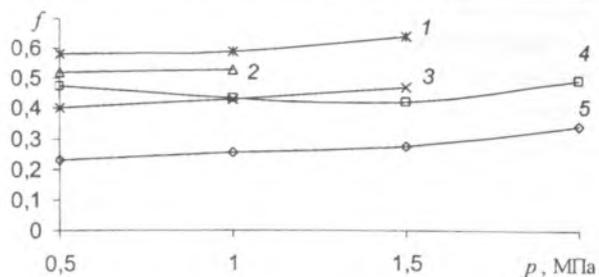


Рис. 2. Зависимость коэффициента трения пары сталь 45—сталь 3 от нагрузки при смазывании водными 5%-ными растворами различных веществ: 1 — ЖС, 2 — КЛ, 3 — ПВС, 4 — САА, 5 — ФФС ($v = 0,5$ м/с)

Заключение. Таким образом, водные растворы полимерных и полимеробразующих веществ являются перспективными компонентами СОЖ, при этом смазочные свойства растворов определяются степенью полимеризации — чем выше молекулярная масса макромолекул, тем смазывающий эффект выражен сильнее. При совмещении органических и неорганических полимеров можно получать СОЖ, сочетающие полезные функциональные свойства входящих в ее состав полимеров. Силикаторганические СОЖ являются новым классом СОЖ, особенно перспективным для применения на операциях шлифования.

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Т04М-021).

Обозначения

R_a — шероховатость поверхности; f — коэффициент трения; p — нагрузка; v — скорость скольжения; m — силикатный модуль; I — интенсивность съема металла; c — концентрация.

Литература

1. Проскуряков Ю. Г., Исаев В. И. Смазочная способность новых водорастворимых полимерсодержащих СОЖ и влияние их на коррозионную стойкость обработанных деталей // Трение и износ. — 1980 (1), № 4, 678—684
2. Проскуряков Ю. Г., Исаев В. И. Влияние концентрации и молекулярного веса полимерной составляющей на смазочные и технологические свойства полимерсодержащих СОЖ // Трение и износ. — 1980 (1), № 5, 891—897
3. Раствор для механической обработки металлов: а. с. 1384611, СССР, МКИ С10М 173/02. БИ — 1988, № 12 // В. И. Елисеев, Н. В. Атрас, Н. П. Шмитс, Г. В. Барышева
4. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов: а. с. 1061457, СССР, МКИ С10М 173/02. БИ — 1988, № 5 // М. Г. Воронков, В. З. Анненкова, А. И. Промптов, Р. В. Макаров
5. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов: а. с. 709668, СССР, МКИ С10М 3/02. БИ — 1980, № 2 // Н. А. Можин, В. Н. Латышев, Р. И. Карabanов
6. Татарникова С. Р. Смазочно-охлаждающие жидкости на основе водорастворимых полимеров как средство повышения эффективности процесса резания: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / ИГТУ: Иркутск. — 1999
7. Клюев А. Ю., Дуко Ю. В. Будько Т. В. и др. Смазочно-охлаждающие жидкости на водной основе // Материалы, технологии, инструменты. — 2004 (9), № 3, 27—45
8. Головченко И. П., Чумичев А. А., Мельникова Е. П. Определение компонентов приработочного состава на основе неорганических полимеров // Трение и износ. — 1998 (19), № 5, 677—682
9. Евдокимов Ю. А., Головченко И. П., Мельникова Е. П. Оценка эффективности силикатной смазочно-охлаждающей жидкости при хонинговании металлов // Трение и износ. — 1993 (14), № 4, 748—751
10. Мельникова Е. П. Влияние силикатных композиций на триботехнические свойства обработанных поверхностей // Трение и износ. — 2001 (22), № 1, 99—103
11. Бартенев Г. М., Зеленеv Ю. В. Физика и механика полимеров. — М.: Высш. шк. — 1983
12. Корнеев В. И., Данилов В. В. Производство и применение растворимого стекла: Жидкое стекло. — Л.: Стройиздат. — 1991
13. Крачун А. Т., Зобов Е. В., Рудик Г. А., Морарь В. Е. Разработка и исследование новых твердых смазочных материалов на основе капролактама // Трение и износ. — 1980 (1), № 6, 1050—1055

Поступила в редакцию 23.09.04.

Zlotnikov I.I., Seltsky S.F., Solovei N.F., Kozlov A.B., and Petrashenko P.D. Study of lubricity of organic and inorganic polymer solutions.

The effect of concentration and composition of aqua solutions of organic and inorganic polymers (oligomers and monomers) on their lubricity has been analyzed. The objects of the study were the polyvinyl alcohol, acryloamide copolymer with ammonium acrylate and alkaline metals, phenol formaldehyde resin, ϵ -caprolactam and sodium silicate. Prospects of using considered polymers in new types of coolants are considered.