

УДК 621.91.01

## ВОДОРАСТВОРИМЫЕ СОЖ НА МЫЛЬНО-СИЛИКАТНОЙ ОСНОВЕ

И. И. ЗЛОТНИКОВ<sup>а</sup>+, М. И. ЗУБРИЦКИЙ<sup>б</sup>, С. Ф. СЕЛИЦКИЙ<sup>б</sup>, Н. Ф. СОЛОВЕЙ<sup>в</sup>,  
А. Б. КОЗЛОВ<sup>в</sup>

Изучена перспективность использования водных бинарных растворов силиката натрия и натриевых мыл как основы новых СОЖ для механической обработки металлов. В качестве натриевых мыл использованы олеат натрия и продукты омыления рапсового масла и гудронов растительных масел. Установлены критерии получения стабильных мыльно-силикатных растворов и исследованы их основные физико-химические и функциональные свойства. Рассматривается перспективность использования новых СОЖ на различных операциях металлообработки.

**Ключевые слова:** обработка металлов резанием и шлифованием, смазочно-охлаждающие жидкости, натриевые мыла, жидкое стекло.

**Введение.** Современную технологию обработки металлов невозможно представить без широкого использования смазочно-охлаждающих технологических сред. В процессах обработки металлов резанием особое место занимает совершенствование составов смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ). Традиционно СОЖ делят на два основных класса — масляные и водосмешиваемые [1]. Масляные СОЖ, обладая хорошей смазочной способностью, имеют низкую охлаждающую способность, повышенную пожароопасность, требуют специальных мер по утилизации. Водосмешиваемые технологические жидкости могут содержать в своем составе минеральные масла в виде эмульсий, но наиболее предпочтительными являются полностью водорастворимые СОЖ, которые обладают рядом преимуществ по сравнению с масляными и водно-масляными жидкостями: наиболее высокой охлаждающей и моющей способностью, пожаробезопасностью и простотой утилизации.

Одним из самых распространенных компонентов СОЖ на водной основе являются мыла — продукты омыления как индивидуальных жирных кислот (в том числе синтетических), так и различных жировых продуктов растительного и животного происхождения [2]. Привлекательность этих компонентов заключается в их высокой смазочной способности, экологической безопасности и доступности.

Сравнительно новым и еще недостаточно изученным классом водорастворимых СОЖ являются композиции на основе растворов силиката натрия — жидкого стекла (ЖС), которые особенно эффективны в операциях хонингования. СОЖ на ЖС абсолютно пожаробезопасны и нетоксичны, однако их применение ограничено низкой смазывающей способностью ЖС [3—5]. Модифицирование таких СОЖ органическими и неорганическими веществами, традиционно используемыми в составах технологических жидкостей, связано с проблемой коллоидной нестабильности силикатных растворов.

**Цель работы** — исследование перспективности использования бинарных мыльно-силикатных растворов в качестве основы многофункциональных СОЖ для обработки металлов.

**Материалы и методы исследования.** В качестве объектов исследования использовали натриевое ЖС по ГОСТ 13078—81 с молярным отношением  $\text{SiO}_2$  к  $\text{Na}_2\text{O}$  2,3÷2,4, которое разбавляли водой

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

б Мозырский государственный педагогический университет. Беларусь, г. Мозырь.

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

+ Автор, с которым вести переписку.

до необходимой концентрации. В качестве натриевых мыл использовали олеат натрия, получаемый нейтрализацией олеиновой кислоты классификации хч (ТУ 6-09-5290-86) гидроксидом натрия, и продукты омыления рапсового масла (ГОСТ 8988—77) и гудрона растительных масел (ГРМ) производства Гомельского жирового комбината. Состав используемого ГРМ включает (мас.%) жирные кислоты: миристиновую (0,5÷1,0), пальмитиновую (15÷20), стеариновую (1÷2), олеиновую (20÷35), линолеовую (30÷40), а также продукты полимеризации и сложные эфиры (до 100). Кислотное число ГРМ — 150÷170 мг КОН/г.

Нейтрализацию олеиновой кислоты и омыление жировых продуктов проводили по известной методике [6], добиваясь степени омыления, близкой к 100%.

Смазочную способность водных растворов оценивали на машине трения СМЦ-2 по схеме ролик — вкладыш при скорости скольжения  $v = 0,5$  м/с. Подача растворов в зону трения осуществлялась путем окунания вращающегося ролика в кювету с испытываемой жидкостью. Ролик был изготовлен из стали 45 (48÷50 HRC), и имел ширину 10 мм и внешний диаметр — 40 мм. Исходная шероховатость его поверхности составляла  $R_a = 0,2\div 0,3$  мкм. Вкладыш из стали Ст 3 представлял собой сектор кольца с внешним диаметром 60 мм, внутренним 40 мм и шириной 10 мм. Кроме коэффициента трения измеряли интенсивность съема металла при имитации процесса шлифования, который осуществляли по той же схеме, но в качестве ролика использовали абразивный круг марки 25A25ПСТ15 диаметром 40 мм. Шлифование проводили при скорости  $v = 0,5$  м/с и нагрузке  $p = 1$  МПа. Шероховатость обработанной поверхности измеряли на профилографе “Калибр ВЭИ”. Коррозионную агрессивность определяли капельным методом по ГОСТ 6243—75 на пластине из серого чугуна марки СЧ-30.

**Результаты исследований и их обсуждение.** Основная проблема, которую необходимо решить при создании СОЖ на мыльно-силикатной основе — это обеспечение стабильности системы ЖС-мыло.

Поскольку ЖС является солевой формой неорганического полиэлектролита, в котором роль полиионов играют кремнекислородные полианионы различной степени полимеризации, а роль противоионов — катионы натрия, можно ожидать хорошую совместимость и структурную стабильность его бинарных растворов с мылами, являющимися анионными поверхностно-активными веществами. Экспериментально было установлено, что на основе растворов ЖС с концентрацией до 4 мас.% и продуктов омыления жирных кислот с концентрацией до 3 мас.% могут быть получены силикатно-мыльные системы, обладающие длительной коллоидной стабильностью (для олеата натрия до 10 суток, для омыленного гудрона и рапсового масла — до нескольких суток). При более высоких концентрациях через некоторое время происходит образование непрерывного мыльного каркаса. Впрочем, процесс гелеобразования является обратимым, и система легко переводится в жидкое состояние нагреванием и перемешиванием.

Был проведен анализ зависимостей электропроводности водных растворов продуктов омыления жирных кислот от концентрации и степени омыления, а для растворов ЖС — от концентрации и силикатного модуля. Установлено, что снижение стабильности происходит, во-первых, при достижении критической концентрации мицеллообразования в водных растворах натриевых мыл, а во-вторых, из-за образования и выделения силикаторганических продуктов, которые, скорее всего, представляют собой комплексные натриевые силикатные мыла на основе органических высокомолекулярных кислот и неорганической низкомолекулярной кремниевой кислоты.

Триботехнические испытания показали, что растворы ЖС проявляют смазочную способность только при концентрациях более 5 мас.%, в то время как растворы мыл обладают значительно более высокой смазочной способностью уже при концентрации раствора 0,5 мас.% (рис. 1). Несколько лучшие смазочные свойства продуктов омыления рапсового масла и ГРМ по сравнению с чистым олеатом натрия объясняются присутствием в их составе, кроме олеата натрия, солей других жирных кислот (пальмитиновой, линолевой), а также сложных эфиров (моноглицеридов и др.).

Анализ зависимости смазывающей способности растворов от нагрузки (рис. 2) также показывает преимущества мыльных растворов по сравнению с растворами ЖС. Кроме значительно более низкого коэффициента трения, при использовании растворов мыл задира поверхности трения в

диапазоне применяемых нагрузок не наблюдался. В случае ЖС при превышении нагрузки 1,5 МПа происходил задира поверхности, и даже заклинивание узла трения.

Результаты триботехнических испытаний бинарных мыльно-силикатных растворов приведены на рис. 3. На первый взгляд введение ЖС в мыльные растворы не приводит к достижению дополнительного положительного результата. Однако анализ влияния мыльно-силикатных технологических жидкостей на процесс шлифования показывает, что введение ЖС приводит к значительному возрастанию съема металла (рис. 4). Наиболее быстрый съем металла обеспечивается при использовании продуктов омыления ГРМ и рапсового масла.

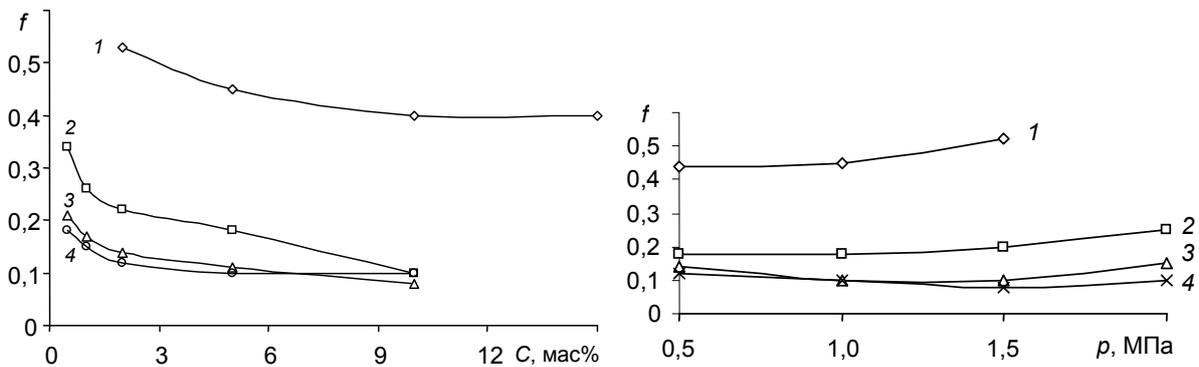


Рис. 1. Зависимость коэффициента трения пары сталь 45 — сталь Ст 3 от концентрации растворов: 1 — ЖС; 2 — олеат натрия; 3 — омыленное рапсовое масло; 4 — омыленный ГРМ

Рис. 2. Зависимость коэффициента трения пары сталь 45 — сталь Ст 3 от нагрузки при смазывании 5% растворами: 1 — ЖС; 2 — олеат натрия; 3 — омыленное рапсовое масло; 4 — омыленный ГРМ

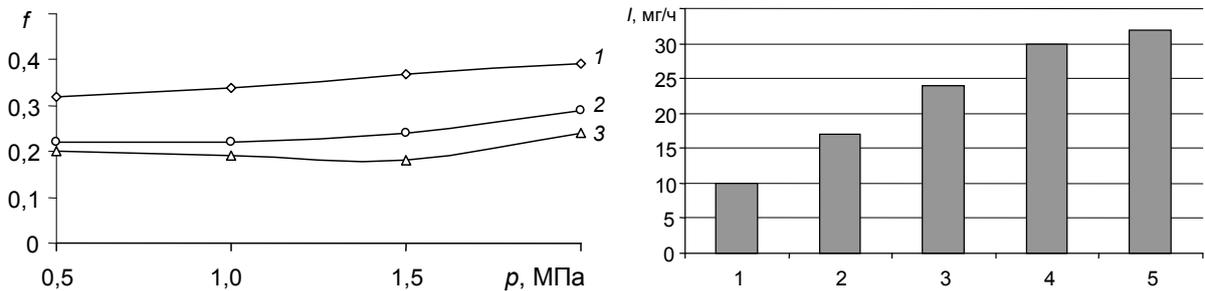


Рис. 3. Зависимость коэффициента трения пары сталь 45 — сталь Ст 3 от нагрузки при смазывании растворами, содержащими 3% ЖС и 2% мыла: олеата натрия (1), омыленного рапсового масла (2), омыленного ГРМ (3)

Рис. 4. Интенсивность съема металла при имитации процесса шлифования с использованием в качестве СОЖ: 1 — вода; 2 — ЖС (5%); 3 — ЖС (3%) + олеат натрия (2%); 4 — ЖС (3%) + омыленное рапсовое масло (2%); 5 — ЖС (3%) + омыленный ГРМ (2%)

Недостатком всех СОЖ на водной основе является их склонность к корродирующему действию. Результаты испытания исследуемых растворов на коррозионную агрессивность приведены в табл. 1. Как следует из полученных данных, у всех исходных растворов проявляется коррозионная агрессивность. Комбинация мыльных растворов и ЖС, хотя и снижает проявление коррозии вследствие пассивирующего действия силиката натрия на поверхность металла, но полностью не устраняет ее.

Однако введение в состав технологических жидкостей таких стандартных ингибиторов коррозии как уротропин или триэтаноламин (ТЭА) в количестве 0,5 мас.% позволяет полностью подавить коррозионные процессы.

На основании проведенных исследований была разработана мыльно-силикатная СОЖ, состав и некоторые свойства которой приведены в табл. 2. Для сравнения была испытана силикатная СОЖ (а. с. СССР № 1766955) [7].

Таблица 1. Коррозионная агрессивность СОЖ

Состав	Наличие коррозии
Вода	сплошная
ЖС (5%)	следы
Олеат натрия (5%)	следы
Омыленный ГРМ (5%)	точечная
Омыленное рапсовое масло (5%)	точечная
Олеат натрия (2%) + ЖС (3%)	следы
Омыленный ГРМ (2%) + ЖС (3%)	следы
Омыленное рапсовое масло (2%) + ЖС (3%)	следы
Олеат натрия (2%) + ЖС (2,5%) + ТЭА (0,5%)	отсутствует
Омыленный ГРМ (2%) + ЖС (2,5%) + уротропин (0,5%)	отсутствует
Омыленное рапсовое масло (2%) + ЖС (2,5%) + ТЭА (0,5%)	отсутствует

Таблица 2. Состав и свойства разработанной СОЖ

Компонент	Состав, мас. %	
	Разработанный	По а.с. № 1766955
Натриевое ЖС	1,5÷8,0	3,0÷6,0
Омыленные ГРМ или рапсовое масло	2,0÷5,0	—
Уротропин	0,2÷0,8	—
Нитрит натрия	—	0,3÷0,5
Сульфит натрия	—	0,2÷0,1
Вода	До 100	До 100
Свойства		
Коэффициент трения $f$	0,15÷0,22	0,4÷0,45
Интенсивность съема металла $I$ , мг/ч	70÷75	50÷60
Шероховатость обработанной поверхности $R_a$ , мкм	0,4÷0,5	0,6÷0,8

Разработанные составы были использованы в промышленных условиях в операциях шлифования стальных изделий, а также волочения медной катанки.

**Заключение.** Таким образом, водные силикатно-мыльные растворы являются перспективной основой для разработки новых СОЖ. При совмещении органических и неорганических растворов можно получать СОЖ, сочетающие полезные функциональные свойства входящих в ее состав компонентов. Силикатно-мыльные СОЖ являются новым классом водных СОЖ, особенно перспективным для применения в операциях шлифования.

### Обозначения

$R_a$  — шероховатость поверхности, мкм;  $f$  — коэффициент трения;  $p$  — давление, МПа;  $v$  — скорость скольжения, м/с;  $I$  — интенсивность съема металла, мг/ч;  $c$  — концентрация, мас. %.

### Литература

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием / Под ред. С. Г. Энтелеса, Э. М. Берлинера. — М.: Машиностроение. — 1995
2. Клюев А. Ю., Дуко Ю. В., Бутько Т. В. и др. Смазочно-охлаждающие жидкости на водной основе (обзор) // Материалы, технологии, инструменты. — 2004 (9), № 3, 27—45
3. Евдокимов Ю.А., Зубков Е.Н., Головченко И.П., Мельникова Е.П. Использование жидкого стекла как основы СОЖ для хонингования металлов // Трение и износ. — 1992 (13), № 2, 378—382
4. 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
5. Мельникова Е. П. Влияние силикатных композиций на триботехнические свойства обработанных поверхностей // Трение и износ. — 2001 (22), № 1, 99—103

6. **Абрамзон А. А., Зайченко Л. П., Файнгольд С. И.** Поверхностно-активные вещества. — М.: Химия. — 1988
7. **Смазочно-охлаждающая жидкость для хонингования металлических поверхностей:** а. с. 1766955, СССР, МКИ С10М 173/02. БИ. — 1992, № 37 // И. П. Головченко, Б. В. Намаконов, В. А. Кулаков, Е. П. Мельникова, А. Н. Челпанов

*Поступила в редакцию 27.03.06.*

Zlotnikov I. I., Zubritskii M. I., Selitskii S. F., Solovei N. F., and Kozlov A. B. **Water-soluble cooling lubricants based on soaps and silicates.**

Binary water solutions of sodium silicate and sodium soaps are shown to be a promising base for new cooling lubricants used in metal machining. Sodium oleate and products of the saponification of rape oil and vegetable oil tars were taken as sodium soaps. Criteria of obtaining stable soap-silicate solutions are proposed and their physical-chemical and performance characteristics are studied. Possibilities of the application of the new cooling lubricants in different stages of metal machining are discussed.

**Keywords:** cutting and grinding of metals, cooling lubricants, sodium soaps, liquid glass.