

М. И. Зубрицкий

ВОДРАСТВОРИМЫЕ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ЖИДКОСТИ НА МЫЛЬНО-СИЛИКАТНОЙ ОСНОВЕ

Изучена перспективность использования водных бинарных растворов силиката натрия и натриевых мыл как основы новых смазочно-охлаждающих жидкостей (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: смазочно-охлаждающие жидкости, натриевые мыла, жидкое стекло, обработка металлов резанием и шлифованием.

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 хорошими смазочными способностями, имеют низкую охлаждающую способность,

повышенную пожароопасность, необходимость 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 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 на 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 SiO_2 к Na_2O – 2,3–2,4, которое разбавляли водой 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) Гомельского жирового комбината. Состав используемого ГРМ включает (мас. %) жирные кислоты: миристиновую (0,5–1,0), пальмитиновую (15–20), стеариновую (1–2), олеиновую (20–35), линолевую (30–40), а также продукты полимеризации и сложные эфиры (до 100). Кислотное число ГРМ – 150–170 мг КОН/г.

Процесс нейтрализации олеиновой кислоты и омыления 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 $v = 0,5$ м/с. Подача растворов в зону трения осуществлялась путем окунания вращающегося

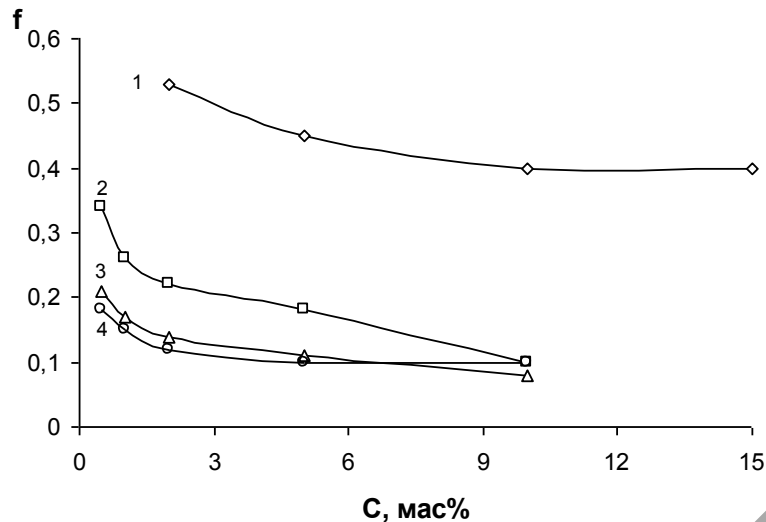
ролика в кювету с испытываемой жидкостью. Ролик изготовлен из стали 45 (48...50 HRC), ширина – 10, внешний диаметр – 40 мм, исходная шероховатость поверхности $R_a = 0,2 \div 0,3$ мкм. Вкладыш из стали 3 представлял собой сектор кольца с внешним диаметром 60, внутренним 40 и шириной 10 мм. Кроме коэффициента трения измеряли интенсивность съема металла при имитации процесса шлифования, который осуществляли по той же схеме, но в качестве ролика использовали абразивный круг диаметром 40 мм марки 25A25ПСТ15. 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 исследования и их обсуждение. Основной вопрос, который 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 поверхно-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 20 суток, для омыленного гудрона и рапсового масла – до нескольких суток). При более высоких концентрациях, через некоторое время происходит образования 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. % (рисунок 1).

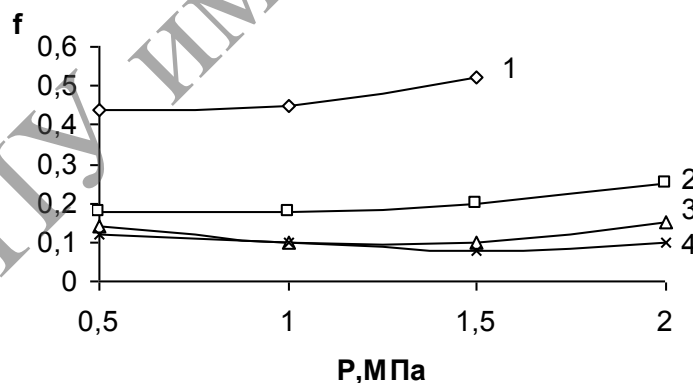


1 – ЖС, 2 – олеат натрия, 3 – омыленное рапсовое масло, 4 – омыленный ГРМ
 $(v = 0,5 \text{ м/с}, p = 1 \text{ МПа})$

Рисунок 1. – Зависимость коэффициента трения пары сталь 45-сталь 3 от концентрации растворов

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.).

Сравнительный анализ смазывающей способности растворов от нагрузки (рисунок 2), также показывает преимущества мыльных растворов по сравнению с растворами ЖС.

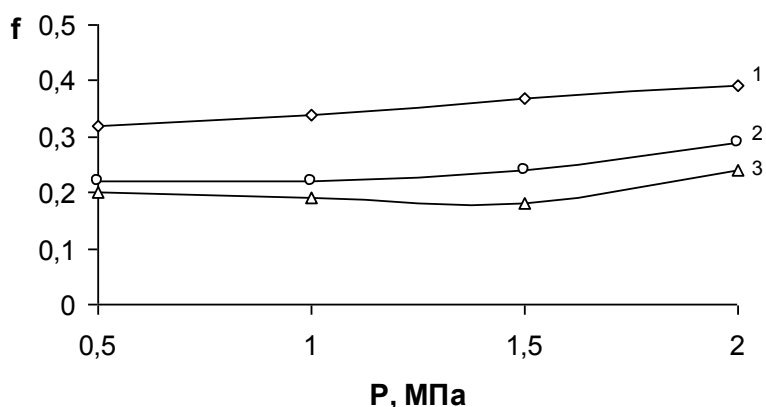


1 – ЖС, 2 – олеат натрия, 3 – омыленное рапсовое масло, 4 – омыленный ГРМ
 $(v=0,5 \text{ м/с})$

Рисунок 2. – Зависимость коэффициента трения пары сталь 45-сталь 3 от нагрузки при смазывании 5 % растворами

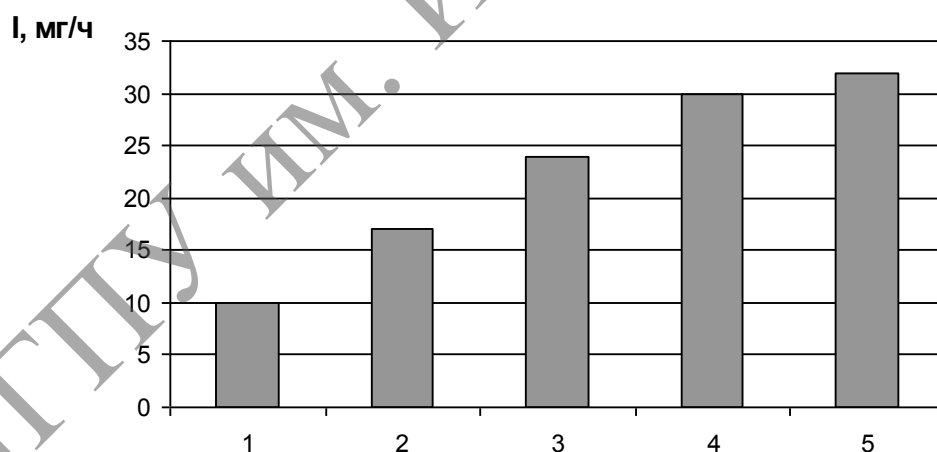
Кроме значительно более низкого коэффициента трения, при использовании растворов мыл задир поверхности трения в диапазоне применяемых нагрузок не наблюдался. В случае ЖС при превышении нагрузки 1,5 МПа наблюдался задир поверхности и даже заклинивание узла трения.

Результаты триботехнических испытаний бинарных мыльно-силикатных растворов приведены на рисунке 3.



1 – олеат натрия, 2 – омыленное рапсовое масло, 3 – омыленный ГРМ ($v=0,5$ м/с)
 Рисунок 3. – Зависимость коэффициента трения пары сталь 45-сталь 3 от нагрузки при смазывании растворами, содержащими 3 % ЖС и 2 % мыла

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 ЖМ приводит к значительному возрастанию съема металла (рисунок 4). Наиболее быстрый съем металла обеспечивается при использовании продуктов омыления ГРМ и рапсового масла.



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

Недостатком всех СОЖ на водной основе является их склонность к корродирующему действию. Результаты испытания исследуемых растворов на коррозионную агрессивность приведены в таблице 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.

Таблица 1. – Коррозионная агрессивность

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	отсутствует
Омыленный ГРМ (2 %)+ЖС (2,5 %)+уротропин (0,5 %)	отсутствует
Омыленное рапсовое масло (2 %)+ЖС (2,5 %)+ТЭА (0,5 %)	отсутствует

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 таблице 2. Для сравнения была испытана силикатная СОЖ (а.с. СССР № 1766955) [7].

Таблица 2. – Состав и свойства 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 на операциях шлифования стальных изделий, а также волочения медной катанки. Лабораторные испытания показали возможность использования силикатно-мыльных СОЖ при шлифовании и алмазной обработке некоторых сортов стекла и керамики.

Выводы. 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 на операциях шлифования.

Обозначения

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

Список основных источников

1. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием / под ред. С. Г. Энтелеса, Э. М. Берлинера. – М. : Машиностроение, 1995. – 352 с.
2. Смазочно-охлаждающие жидкости на водной основе (обзор) / А. Ю. Ключев [и др.] // *Материалы, технологии, инструменты*, 2004. – № 3 (9). – С. 27–45.
3. Использование жидкого стекла как основы СОЖ для хонингования металлов / Ю. А. Евдокимов [и др.] // *Трение и износ*, 1992. – № 2 (13). – С. 378–382.
4. Евдокимов, Ю. А. Оценка эффективности силикатной смазочно-охлаждающей жидкости при хонинговании металлов / Ю. А. Евдокимов, И. П. Головченко, Е. П. Мельникова // *Трение и износ*, 1993. – № 4 (14). – С. 748–751.
5. Мельникова, Е. П. Влияние силикатных композиций на триботехнические свойства обработанных поверхностей / Е. П. Мельникова // *Трение и износ*, 2001. – № 1 (22). – С. 99–103.
6. Абрамзон, А. А. Поверхностно-активные вещества / А. А. Абрамзон, Л. П. Зайченко, С. И. Файнгольд. – М. : Химия, 1988. – 304 с.
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.

Miroslav Zubritsky

WATER SOLUBLE COOLANT BASED ON SOAP-SILICATE

***Summary.** Prospects for use of water binary solutions of sodium silicate and sodium soap as a base of new cutting fluid for machining metals are described in the article. Sodium soaps sodium oleate and the products of saponification of rapeseed oil and tar oils are used. Criteria to obtain a stable and soap-silicate solutions and investigated their basic physico-chemical and functional properties are established. The prospects of using new coolant for various machining operations are described.*

Keywords: cutting fluids, sodium soap, liquid glass, metal cutting and grinding.