

УДК 547.787.2.07;621.9.02.07

ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ СОЖ ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ РЕЗАНИЕМ

Тлехусеж М.А., Сороцкая Л.Н., Солоненко Л.А.

ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет»,
Краснодар, e-mail: k-obh@kubstu.ru

В работе приведены результаты экспериментальных исследований и промышленных испытаний натриевой соли фурил- и арилсодержащей аминоакриловой кислоты в качестве присадки к смазочно-охлаждающим жидкостям (СОЖ) для механической обработки металлов. Ранее не были описаны перспективные в указанном направлении полизамещенные производные аминокислот, содержащие фенильные и фурильные радикалы в различном сочетании. В то же время известно, что такие группы усиливают и расширяют поверхностную активность присадок. Показана эффективность использования разработанной СОЖ для улучшения смачивания металлических поверхностей, стабилизации эмульсии, повышения коррозионной и износостойкости режущих инструментов и обрабатываемых деталей. Описываемая СОЖ является экологически чистой, более экономичной по сравнению с известными аналогами и может быть использована в машиностроении, нефтяной и газовой промышленности.

Ключевые слова: смазочно-охлаждающие технологические системы (СОТС), смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), присадки, поверхностно-активные вещества (ПАВ), производные аминокриловой и аминобутановой кислот, коррозионная стойкость, металлообработка

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY COOLANTS FOR METAL CUTTING

Tlekhusezh M.A., Sorotskaya L.N., Solonenko L.A.

Kuban state technological university, Krasnodar, e-mail: k-obh@kubstu.ru

We present the results of experimental studies and industrial tests of the sodium salt of furyl- and arylaminoacrylic acids as an additive to cutting fluids (coolant) for mechanical working of metals. The use of such polysubstituted derivatives of amino acids containing phenyl and furyl radicals in various combinations has not been described previously. However, it is known that these groups enhance and extend the surface activity of additives. We showed the efficiency of the developed emulsions to improve wetting of the metal surfaces, stabilizing of the emulsions, improve of the corrosion and wear resistance of cutting tools and workpieces. The described emulsion is environmentally friendly, more cost-effective compared with the conventional counterpart and can be used in mechanical engineering, oil and gas industry.

Keywords: coolants system, cutting fluids (coolant), additive, surface-active agents (surfactants), aminoacrylic and aminobutyric acids derivatives, corrosion resistance, metal working

Наиболее доступным и экономически выгодным направлением технического прогресса в машиностроении, нефтяной и газовой промышленности является применение смазочно-охлаждающих технологических систем (СОТС).

Они используются для повышения стойкости режущего инструмента, улучшения качества обрабатываемой поверхности, снижения адгезионного схватывания инструментального и обрабатываемого материала. Это достигается направленным воздействием на физико-механические процессы, протекающие при резании металлов, за счет надлежащего выбора основы СОТС (вода, минеральные масла и т.п.), а также введением в СОТС присадок с необходимым комплексом химических и механохимических свойств, что способствует повышению надёжности и долговечности работы оборудования.

Разновидностью СОТС являются смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ).

Эффективность эксплуатации металлообрабатывающего оборудования во многом зависит от правильного выбора и применения СОЖ. Рациональный подбор и создание высокоэффективных СОЖ возможны при глубоком изучении природы взаимодействия обрабатываемых материалов, инструментов и механизмов.

Эффективность СОЖ определяется природой и строением присадок, обладающих высокой поверхностной активностью и улучшающих их свойства, функцию присадок выполняют поверхностно-активные вещества (ПАВ). Они находят применение более чем в 100 отраслях народного хозяйства. Их крупными потребителями являются машиностроение, нефтяная, химическая, газовая промышленность. ПАВ регулируют эксплуатационные свойства буровых растворов и промывочных жидкостей с целью улучшения условий вскрытия и освоения пласта, способствуют снижению подкисления нефти при перекачке, повышают

нефтеотдачу, а также коррозионную стойкость нефтепромыслового оборудования [8]. Основу ПАВ составляют синтетические и природные полимеры, амины, соли синтетических жирных кислот, сульфитно-спиртовая барда и т.д.

Использование для металлообработки СОЖ и других смазок и жидкостей не только позволяет свести к минимуму производственный брак, повысить производительность промышленных агрегатов, но и сократить технологическую цепочку путем уменьшения количества операций, а также обеспечить лучшие условия труда для рабочих производственных цехов.

В связи с тем, что в настоящее время имеет место износ основных производственных фондов нефтеперекачивающих и компрессорных станций, разработка смазочно-охлаждающих технологических систем является актуальной задачей.

Однако ранее не были описаны перспективные в указанном направлении ползамещенные производные аминокислот, содержащие фенильные и фурильные радикалы в различном сочетании. В то же время известно, что такие группы усиливают и расширяют поверхностную активность присадок. Исследования, проведенные нами ранее, показали, что подобные вещества проявляют высокую поверхностную активность и могут использоваться в качестве новых присадок к СОЖ [4, 5], что подтверждено описываемым в данной статье внедрением научных результатов в производство.

Цель работы – изучение новой СОЖ для механической обработки металлов, содержащей созданную нами присадку – натриевую соль 2-N-бензоиламинофурилакриловой кислоты **1**, для определения стойкости режущего инструмента и изготавливаемых деталей, а также её коррозионных свойств и токсичности в условиях лабораторных исследований и промышленных испытаний.

Материал и методы исследования

Лабораторные исследования поверхностной активности созданной СОЖ проводили на токарно-винторезном станке 1К62 при продольном тчении би-

металлических заготовок из стали 45, армированной бронзой. Резцы оснащали многогранными непереключаемыми пластинами из твердого сплава Т15К6. Скорость резания 187 мм/мин, подача 0,21 мм/об, глубина резания 0,5 мм, приведённый износ по задней поверхности резцов 1,2 мм.

Испытания коррозионной агрессивности СОЖ выполняли по ГОСТ 1412-85 и ГОСТ 6243-75.

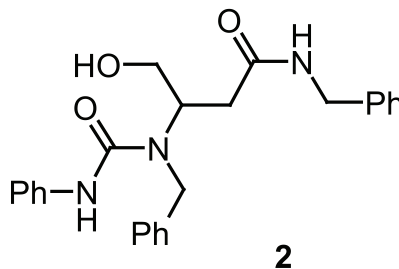
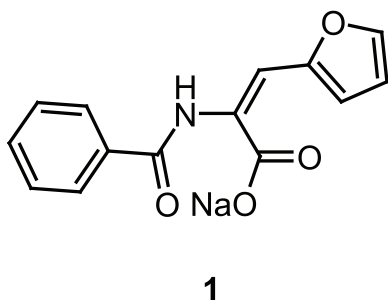
Экологическую экспертизу осуществляли в центральной эколого-аналитической лаборатории ООО «Кубаньгазпром».

Промышленные испытания изучаемой СОЖ проводили в ООО «Седин-инструмент» (г. Краснодар) на токарно-револьверном автомате и вертикально-сверлильном станке 2А В5 при изготовлении деталей типа гайка. С этой целью была наработана опытная партия натриевой соли 2-N-бензоиламинофурилакриловой кислоты и 310 литров СОЖ.

Результаты исследования и их обсуждение

Отличительной особенностью молекул ПАВ является их способность в небольшом количестве создавать на поверхности жидкости большие по размеру адсорбционные пленки, понижая поверхностное натяжение на границе раздела фаз. Поверхностная активность ПАВ обусловлена асимметричным строением их молекул за счет дифильности: они содержат в своем составе полярные и неполярные группы. Гидрофильная (полярная) часть молекулы обладает сродством к полярным молекулам воды. К числу таких групп относятся карбоксильная ($-\text{COOH}$), карбонильная ($-\text{C}=\text{O}$), амино- ($-\text{NH}_2$), сульфгидрильная ($-\text{SH}$), нитрильная ($-\text{CN}$), сульфогруппа ($-\text{SO}_3\text{H}$). Неполярный углеводородный радикал (гидрофобная часть) ориентируется в неполярную среду, например в нефть, газ, воздух. Ориентированный адсорбционный слой молекул изменяет не только поверхностное натяжение, но и свойства граничного слоя жидкости. ПАВ являются мощным средством, позволяющим регулировать не только поверхностные свойства дисперсных систем, но их устойчивость и прочность [2].

Фенил- и фурилсодержащие производные аминокриловой **1** и аминобутановой кислот **2** были синтезированы нами ранее [3]. Их формулы:



Исследование полезных свойств этих соединений и их аналогов продемонстрировало перспективность их практического применения. Так, производные аминобутановой кислоты **2** обладают широким спектром биологической активности, являясь эффективными рострегуляторами [6, 7]. Кроме того, описываемые вещества изучены в качестве новых ПАВ, которые используются в виде присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям [3].

Применение новых присадок **1** и **2** позволило создать СОЖ, обладающие высокими эмульгирующими свойствами. Однако, учитывая, что вещество **1** обладает лучшей водорастворимостью, чем **2**, СОЖ на его основе и была использована в машиностроении и приборостроении для смазки и охлаждения режущих инструментов, что подтверждено патентом [4]. Она проявила лучшие технические характеристики, чем СОЖ, содержащая смесь сукцината и фумарата натрия, разработанная нами ранее [5]. Известно, что применение смазочно-охлаждающей среды не препятствует возникновению высокой температуры. Однако действие СОЖ существенно уменьшает область нагрева инструмента.

Описываемая в данной статье эмульсия для механической обработки металлов содержит стандартный эмульсол марки ЭГТ и присадку – натриевую соль 2-N-бензоиламинофурилакриловой кислоты **1**. Проведённые исследования позволили определить оптимальную концентрацию присадки, при которой поверхностное натяжение эмульсии σ минимально и равно 31–32 Н/м², при этом установлено следующее соотношение компонентов в СОЖ (% по массе): эмульсол – ЭГТ – 1,19–1,21; вещество **1** – 0,15–0,2; смягченная вода – остальное.

Присадка **1** хорошо растворима в воде. Наличие нескольких функциональных групп (амино-, бензоил-, карбоксилатной) и двойной связи придает присадке большую

поверхностную активность из-за синергизма их действия. Она не вызывает отделения масляной фракции СОЖ, увеличивает её стабильность как при хранении, так и при эксплуатации

Применение ПАВ **1** приводит к возникновению внешнего адсорбционного эффекта. При адсорбции молекул присадки на контактных поверхностях стружки, обрабатываемой детали и режущем инструменте могут появляться пленки различного химического состава, которые оказывают антифрикционное действие, т.к. обладают низким сопротивлением сдвигу. Это даёт основание полагать, что присутствие присадки в малой концентрации, достаточной для образования пленки толщиной порядка монослоя, способствует образованию на поверхностях достаточно прочных хемосорбционных пленок.

Установлено, что добавление недорогой присадки **1** в эмульсию улучшает смачивание металлических поверхностей и увеличивает дисперсность масляных частиц в эмульсии. При этом повышается стойкость режущих инструментов из-за эффективности образования смазочных пленок на поверхности режущего инструмента и обрабатываемого материала, что подтверждено лабораторными исследованиями. Результаты испытаний резцов приведены в таблице.

Из таблицы видно, что описываемая СОЖ позволяет повысить стойкость режущих инструментов при добавлении присадки от 0,15 до 0,2% по массе по сравнению со смесью сукцината и фумарата натрия [5].

Молекулы исследуемой присадки в разбавленном растворе гидролизуются с образованием устойчивых сопряженных анионов, что обеспечивает сохранение рабочей величины рН в пределах 7,5–8. В случае изменения соотношения эмульсола и присадки происходит уменьшение или увеличение рН, что вызывает коагуляцию СОЖ и отделение масляной фракции.

Результаты сравнительных стойкостных испытаний резцов

№ п/п	Компоненты СОЖ	Содержание компонентов, % по массе	Средняя стойкость и доверительный интервал стойкости, мин	Коэффициент повышения стойкости
1	Эмульсол ЭГТ Присадка (смесь сукцината и фумарата натрия)	2 0,01	2,088 ± 0,288	1
2	Эмульсол ЭГТ присадка 1	1,2 0,15	2,728 ± 0,401	1,32
3	Эмульсол ЭГТ присадка 1	1,2 0,2	2,61 ± 0,309	1,25

Базой для приготовления водорастворимых эмульсий, используемых при металлообработке, является эмульсол марки ЭГТ в количестве 3–5% [1]. Применяемая СОЖ более экономична вследствие снижения концентрации базового эмульсола ЭГТ с 3–5% по массе до 1,2% [3].

Исследование коррозионной агрессивности смазочно-охлаждающих жидкостей с использованием присадки **1**, приготовленных на дистиллированной и жесткой воде показало, что они не вызывают точечной коррозии чугунной пластинки. Это позволяет сделать вывод, что они не агрессивны к чугунам и сталям.

Разработанная нами эмульсия прошла экспертизу в центральной эколого-аналитической лаборатории ООО «Кубаньгазпром», в результате чего установлена её экологическая безвредность.

Промышленными испытаниями выявлено, что применение новой недорогой СОЖ способствует повышению стойкости инструмента в 2,1 раза. При этом изготавливаемые детали и инструмент не подвергаются коррозии при условии, что для получения рассматриваемой эмульсии использована умягченная вода. Отмечено отсутствие отрицательного воздействия на кожные покровы оператора по сравнению со смазочно-охлаждающей жидкостью, применяемой на заводе.

Выводы

1. Проведены лабораторные исследования по изучению поверхностной активности и коррозионных свойств новой СОЖ.

2. Выполнен анализ результатов лабораторного эксперимента, который доказал эффективность новой смазочно-охлаждающей жидкости для повышения стойкости режущих инструментов, её экологическую безопасность, экономичность по сравнению с известными аналогами, а также химическую инертность по отношению к чугунам и сталям.

3. Осуществлены промышленные испытания новой эмульсии для механической обработки металлов, позволившие установить повышение коррозионной и износостойкости инструмента и изготавливаемых с его помощью деталей. При этом исследованная СОЖ является нетоксичной для рабочих.

Список литературы

1. Абрамзон А.А. Поверхностно-активные вещества. – Л.: Химия, 1981. – 200 с.
2. Зимон А.Д., Лещенко Н.Ф. Коллоидная химия: учебник для вузов. – 3-е изд., доп. и исправл. – М.: Агар, 2003. – 320 с.

3. Новые ПАВ на основе производных аминокислотной и аминокислотной кислот и их использование в качестве присадок к смазочно-охлаждающим жидкостям / Л.А. Солоненко, М.А. Тлехусеж, Л.Н. Сороцкая, Л.А. Бадовская // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2012. – № 2. – С. 112–115.

4. Солоненко В.Г., Солоненко Л.А., Васин И.В., Гоев А.А., Сороцкая Л.Н., Бадовская Л.Н. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов // Патент России № 2333239. 2008. Бюл. № 25.

5. Солоненко В.Г., Солоненко Л.А., Огарков А.А., Бадовская Л.А., Латашко В.М. Смазочно-охлаждающая жидкость для механической обработки металлов // Пат. 2200187. 2003. Бюл. № 7.

6. Тлехусеж М.А., Тюхтенёва З.И., Ненько Н.И. Активаторы прорастания семян озимой пшеницы на основе амидов полизамещённой аминокислоты // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1. URL: www.science-education.ru/121-19606 (дата обращения: 08.07.2015).

7. Тюхтенёва З.И., Бадовская Л.А., Тлехусеж М.А., Ненько Н.И. Активатор прорастания семян озимой пшеницы, повышающий устойчивость проростков к водному стрессу // Патент России № 2373709.2009. Бюл. № 33.

8. Фахретдинов П.С., Борисов Д.Н., Романов Г.В., Ходырев Ю.П., Галиакберов Р.М., Зиятдинов А.Ш. Ингибиторы коррозии из ряда амино- и аммониевых соединений на основе α -олефинов и оксиэтилированных нонилфенолов // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2008. – № 2. URL: http://ogbus.ru/authors/Fahretdinov/Fahretdinov_3.pdf.

References

1. Abramzon A.A. *Poverhnostno_aktivnie veschestva*. L. Himiya. 1981. 200 p.
2. Zimon A.D., Leschenko N.F. *Kolloidnaya himiya. Uchebnik dlya vuzov*. 3e izd. dop. i ispravl. M. Agar 2003. 320 p.
3. Solonenko L.A., Tlekhusezh M.A., Sorotskaya L.N., Badovskaya L.A. *Izv. vuzov. Sev.-Kavk. region. Techn. nauki*, 2012, no. 6, pp. 112–115.
4. Solonenko V.G., Solonenko L.A., Vasin I.V., Goev A.A., Sorotskaya L.N., Badovskaya L.A. *Patent RF no. 2333239*. 2008. *Bjul.* no. 25.
5. Solonenko V.G., Solonenko L.A., Ogarkov A.A., Badovskaya L.A., Latashko V.M. *Patent RF no. 2200187*. 2003. *Bjul.* no. 7.
6. Tlekhusezh M.A., Tyukhteneva Z.I., Nenko N.I. *Modern problems of science and education*, 2015, no. 1. URL: www.science-education.ru/121-19606 (accessed: 08.07.2015).
7. Tyukhteneva Z.I., Badovskaya L.A., Tlekhusezh M.A. *Patent RF no. 2373709.2009*. *Bjul.* no. 33.
8. Fakhretdinov P.S., Borisov D.N., Romanov G.V., Hodyrev Yu.P., Galiakberov R.M., Ziyatdinov A.Sh. *Elektronniy nauchnii jurnal «Neftegazovoe delo»*. 2008, no. 2. URL: http://ogbus.ru/authors/Fahretdinov/Fahretdinov_3.pdf.

Рецензенты:

Бережной С.Б., д.т.н., профессор, зав. кафедрой технической механики и гидравлики, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар;

Рувинский О.Е., д.х.н., профессор кафедры химии, метрологии и стандартизации, ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный технологический университет», г. Краснодар.