

Полимербетонная смесь. А.С. 1351024 (СССР). Оpub. в Б.И. 1987, № 4. 6. Зинович З.К., Каменский И.В., Маматов Ю.М., Александров В.П. – Способ получения мочевино – фурфурольной смолы. А.С. 418061 (СССР). Оpubл. в Б.И. 1974, № 8. 7. Зинович З.К., Каменский И.В., Александров В.П., Маматов Ю.М. – Антифрикционный материал. А.С. 4106636 (СССР). Оpub. в Б.И. 1974, № 1. 8. Зинович З.К., Добрунова В.М., Воронков А.В. – Полимерная композиция. Патент Российской Федерации 202946. Оpubл. в Б.И. 1994, № 21. 9. Никитюк А. И., Дьяченко Б. И., Киреев В.В., Зинович З.К. К вопросу об анализе деградации полимерных покрытий при гидрорабразивном износе. Materiały Konferencyjne: Technologiczne Systemy Informacyjne w Inżynierii Produkcji i kształceniu Technicznym. Lublin 2001. 10. Zinowicz Z., Waszczak M.: Studium materiałów furanowych na tle kompozytów epoksydowych, poliestrowych i uretanowych. Materiały Konferencyjne: Technologiczne Systemy Informacyjne w Inżynierii Produkcji i kształceniu Technicznym. Lublin 2001.

УДК 621.892.09

**И.И. Злотников, Т.И. Халаяпина, В.А. Смуругов, С.Ф. Селяцкий**  
**НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И СОЖ**  
**ДЛЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ**

*Институт механики металлополимерных систем им. В.А. Белого НАНБ*  
*Гомель, Беларусь*

Процессы обработки металлов давлением и резанием относятся к числу высокоэффективных и экономичных способов получения металлических изделий. Совершенствование технологии обработки металлов давлением и резанием основывается на использовании высокоэффективных смазочно-охлаждающих технологических сред, ассортимент которых все время расширяется. На операциях холодной вытяжки металлов используются различные технологические смазки смазочные материалы (ТС) на основе минеральных и растительных масел, многокомпонентные смазочные материалы на основе неорганических и органических веществ. Такие ТС обеспечивают высокую степень вытяжки, снижают коэффициент трения и износ изделия и штампа, обеспечивают межоперационную защиту деформируемых деталей от коррозии.

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) предназначены для смазывания поверхностей трения, предотвращения схватывания и задиrow в зоне резания, охлаждения режущего инструмента и обрабатываемого материала, увеличения стойкости инструмента, уменьшения шероховатости обработанной поверхности, а также для временной защиты деталей от коррозии. В процессе резания металлов происходит ком-

плекс физико-химических и физико-механических взаимодействий между обрабатываемым материалом, режущим инструментом и СОЖ, в среде которой происходит процесс резания [1,2].

Большинство выпускаемых и используемых в настоящее время в мире ТС и СОЖ разработаны на основе первичных сырьевых ресурсов, часто содержат в своем составе дорогостоящие компоненты, и этим определяется их цена. Получение новых доступных и дешевых ТС и СОЖ на основе вторичных сырьевых ресурсов, не уступающих по своим эксплуатационным свойствам известным, является экономически целесообразной проблемой.

Целью данной работы является разработка эффективных и экономичных ТС и СОЖ на основе отходов переработки растительных масел и технических жиров (жирового гудрона) и исследование их триботехнических и технологических свойств.

Жировой гудрон представляет собой кубовый остаток дистилляции жирных кислот соапстоков растительных масел и технического жира. В данной работе использовали гудрон Гомельского жирового комбината, имеющий следующий химический состав и физико-химические свойства (табл. 1).

Таблица 1

Состав и свойства гудронов

Показатели	Гудрон растительных масел	Гудрон технического жира
Жирные кислоты (мас. %):		
- миристиновая	0,5-1,0	2-3
- пальмитиновая	15-20	15-20
- стеариновая	1-2	10-15
- олеиновая	20-35	20-25
- линолевая	30-40	2-3
Продукты полимеризации и конденсации	остальное	остальное
Плотность при 50°C, кг/м <sup>3</sup>	940-960	940-960
Кислотное число, мг КОН/г	150-170	55-120
Число омыления, мг КОН/г	140-185	160-190
Отношение насыщенных и ненасыщенных кислот	0,25-0,35	1,23-1,35

Гудрон содержит целый комплекс предельных и непредельных жирных кислот, обеспечивающих его высокую смазочную способность, а получаемые при омылении гудрона мыла имеют достаточно высокую моющую, смазывающую, эмульгирующую

и экранирующую способность, что и предопределяет его перспективность в качестве основы ТС и СОЖ.

При разработке ТС в смесь гудронов растительного масла и технического жира вводили порошки полиэтилена (ПЭ), поливинилбутираля (ПВБ) а также дисперсные полиакрилонитрильные (ПАН) и вискозные (ВС) волокна.

При получении СОЖ для перевода гудрона в водорастворимое состояние его предварительно омыляли водным раствором щелочи (NaOH), количество которой определяется кислотным числом и степенью омыления гудрона. Основная часть жирных кислот, входящих в состав гудрона, в процессе омыления переходит в натриевые мыла, хорошо растворимые в воде, но вместе с тем в составе омыленного гудрона всегда присутствуют неомыленные свободные жирные кислоты, определяющие высокие экранирующие свойства таких СОЖ.

Триботехнические характеристики определяли на машине трения по схеме «вал-вкладыш» для ТС и «вал-плоскость» для СОЖ. В качестве вала использовали ролик из стали, закаленной до 42-46 HRC, с исходной шероховатостью  $Ra < 0,32$  мкм. При испытаниях ТС на рабочей поверхности вкладыша закрепляли стальную фольгу с исходной  $Ra < 0,2$  мкм. ТС наносили равномерным слоем на поверхность фольги. Исследования проводили при нагрузке 100 МПа при скорости скольжения 3,14 см/с в режиме «старт-стоп» При каждом последующем включении трение происходило по новой, предварительно обезжиренной поверхности ролика. Это позволило моделировать процесс холодной вытяжки металлов [3].

При испытаниях СОЖ плоскостью являлась рабочая поверхность стальной пластины. Скорость скольжения составляла 0,5 м/с. СОЖ в зону трения подавали путем погружения вращающегося ролика в кювету с рабочей эмульсией. Толщину остаточных граничных смазочных слоев и их деформируемость определяли методом «стопы слоев». Исследования проводили на рычажной установке с использованием 88 стальных пластин толщиной 0,08 мм и диаметром 20 мм. В ходе опытов фиксировали толщину стопы без смазки и со-смазкой при нагрузке 700 Н через 60 мин после нагружения. Смачивающую способность СОЖ оценивали по краевым углам смачивания.

Введение в ТС порошкообразных полимерных наполнителей (ПЭ и ПВБ) оказалось эффективным только при первом трогании ролика. В дальнейшем частицы полимерного порошка легко выносятся из зоны трения, что сопровождается возрастанием коэффициента трения. При введении в смазочный материал в качестве наполнителей дисперсных волокон при первом трогании ролика природа волокон слабо влияет на коэффициент трения, так как в этом случае определяющим являются свойства основы (гудрона). При последующих циклах органические волокна формируют в зоне трения тонкий (толщиной 2-20 мкм) устойчивый разделительный слой с «резервуарам» смазки между ориентированными вдоль направления скольжения

волоконми. Это благоприятно отражается на фрикционных характеристиках, а, следовательно, и на процессах деформирования металлов при их вытяжке. Методом «стопы слоев» было установлено, что введение полимерных волокон приводит к увеличению толщины разделительного слоя до 16,2-17,0 мкм по сравнению с 1,7-1,8 мкм для чистого гудрона. Испытания показали, что использование ТС на основе гудрона, содержащего 2,5 мас.% ПАН-волокна, позволяет снизить скорость изнашивания сопряженного металлического контртела в 3-4 раза по сравнению с исходным гудроном и в 1,5-2 раза по сравнению с ТС, содержащим ПЭ и ПВБ. Триботехнические характеристики ТС на основе гудрона с различными наполнителями и приведены в табл. 2.

Таблица 2

Свойства ТС на основе гудрона

Показатель	Наполнитель				
	Отсутствует	ПЭ	ПВБ	ПАН-волокно	ВС-волокно
Коэффициент трения					
- при первом трогании	0,045	0,045	0,043	0,040	0,040
- при пятом трогании	0,080	0,065	0,065	0,050	0,055
- при десятом трогании	0,100	0,090	0,090	0,060	0,066
Ra после 5 мин трения, мкм	0,750	0,540	0,540	0,280	0,350

Для повышения антифрикционных свойств ТС производили частичное осернение гудрона. Для этого в разогретый до 120-130 °С гудрон вводили 7-8% серы с последующим подъемом температуры до 170-175 °С и выдержкой в течение 2 ч. При этом происходит осернение ненасыщенных жирных кислот, содержащихся в гудроне, путем разрыва двойных связей в молекулах кислот, гетеролитического расщепления циклических молекул серы на ионы и присоединения положительно заряженных концов серной цепочки к разорванной двойной связи. Положительное влияние серы начинает проявляться при высоких нагрузках (выше 10 МПа), когда происходит активация осерненных молекул жирных кислот, их разрушение с отщеплением элементарной серы. Элементарная сера взаимодействует с металлической поверхностью, образуя химически активные пленки, которые в дальнейшем предотвращают схватывание металлических поверхностей [4].

Промышленные испытания показали, что разработанный ТС обладает высокой адгезией к металлам, исключает налипание металла на рабочие поверхности инструмента, обеспечивает высокую степень вытяжки, снижает энергоемкость процесса. Состав ТС запатентован [5].

При разработке СОЖ для стабилизации эмульсии на основе омыленного гудрона в ее состав вводили моноглицериды жирных кислот и триполифосфат натрия, вы-

показывающие роль стабилизаторов и эмульгаторов. Для улучшения смачивающих, пенящихся и моющих свойств СОЖ в ее состав вводили силикат натрия в виде коллоидного раствора – жидкого стекла [6].

Результаты триботехнических испытаний полученной СОЖ (4% эмульсия) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Триботехнические свойства СОЖ

Нагрузка, Н	200	400	600	800	1000
Коэффициент трения	0,11	0,10	0,09	0,08	0,10
Температура, °С	30	35	40	40	60

Как видно из представленных данных, при нагрузках до 800 Н коэффициент трения уменьшается от 0,11 до 0,08. В этом интервале нагрузок трение осуществляется по адсорбированным на металлических поверхностях слоям жирных кислот и твердых мыл, образующихся при взаимодействии жирных кислот со свежобразующимися вследствие износа поверхностям металла. Это явление обеспечивает хорошую смазывающую способность СОЖ и снижает коэффициент трения. При достижении нагрузки 800 Н и дальнейшем ее возрастании процесс разрушения граничных адсорбированных слоев преобладает над процессами их образования и коэффициент трения незначительно увеличивается. При увеличении нагрузки свыше 1000 Н происходит сближение металлических поверхностей, и начинаются процессы схватывания трущихся поверхностей, что приводит к резкому возрастанию коэффициента трения [7]. Температура в зоне фрикционного контакта во время всего процесса нагружения плавно возрастает с ростом нагрузки, оставаясь на достаточно низком уровне до нагрузок около 800 Н.

Некоторые физико-химические и технологические свойства разработанной СОЖ (4% водная эмульсия) приведены в табл.4.

Таблица 4

Свойства СОЖ

Показатель	Значение
Красной угол смачивания, °	46-48
Пенообразование ( $V_{пен}/V_{СОЖ}$ )	1,2-1,3
Коррозионная активность	отсутствует
Водородный показатель (рН)	7,0-7,5
Стабильность эмульсии через 24 ч, %	0,5-0,6

Промышленные испытания разработанной СОЖ на операциях точения, фрезерования, сверления и шлифования показали, что она не уступает по своим показателям известным СОЖ на масляной и водной основе.

Таким образом, использование отходов переработки растительных масел (жирового гудрона) позволяет получить высокоэффективные технологические смазочные материалы для обработки металлов давлением и смазочно-охлаждающие жидкости для обработки металлов резанием, обеспечивающие высокое качество обработки материалов. Так как основу этих технологических сред составляют отходы пищевой промышленности, то они не дороги, не токсичны и экологически безопасны. Промышленное производство разработанных ТС и СОЖ организовано на Гомельском жировом комбинате.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Курчик Н.Н., Вайншток В.В., Шехтер Ю.Н. Смазочные материалы для обработки металлов резанием (состав, свойства, основы производства). – М.: Химия, 1972. – 230 с.
2. Трение, изнашивание и смазка. Справочник. В 2 кн. / Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1979.
3. Смуругов В.А., Русый В.Х., Шелобод Л.И. и др. Смазочно-охлаждающая технологическая среда для операций холодной вытяжки труднодеформируемых металлов // Трение и износ. – 1996. – №5. – С. 694-698.
4. Wan Y., Yao W., Ye X., Coo L., Shen G. Tribological performance and action mechanism of certain S, N, heterocyclic compounds as the potential lubricating oil additives/Abstracts of papers from "World Tribology Congress". London, 1997. – 471 p.
5. Патент РФ № 2177981, МКИ С 10 М 165/00. Смазка для обработки металлов давлением/Читаев Ю.Д., Мальхин Ю.Ф., Злотников И.И. и др. Бюл. № 1, 2002.
6. Патент РФ № 2177983, МКИ С 10 М 173/00. Смазочно-охлаждающая жидкость для обработки металлов резанием / Читаев Ю.Д., Мальхин Ю.Ф., Злотников И.И. и др. Бюл. № 1, 2002.
7. Годлевский В.А., Волков А.В., Латышев В.Н., Маурин А.И. Модель смазочного действия растворов ПАВ при резании // Трение и износ. – 1996. – №3. – С. 345 – 351.

УДК 621.9

А.И. Кочергин, А.В. Ажар

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КОМБИНИРОВАННЫХ ОСЕВЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Комбинированные режущие инструменты являются важнейшим средством концентрации технологических операций на агрегатных станках и служат для последовательной обработки одной поверхности или одновременной обработки нескольких поверхностей. Работа такими инструментами позволяет сократить машинное и вспо-