

НОВАЯ АНТИФРИКЦИОННАЯ ПЛАСТИЧНАЯ СМАЗКА С ПРИМЕНЕНИЕМ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

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

Потребности современного машиностроения ставят перед материаловедением задачу разработки конкурентоспособных и экологически безопасных смазочных материалов различного функционального назначения с высокими физико-химическими характеристиками.

Одним из перспективных направлений при разработке новых смазочно-охлаждающих технологических средств является использование в качестве их основы вторичного сырья, в частности отходов переработки растительных масел. Эти продукты содержат в своем составе насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты, эфиры, воски и другие продукты полимеризации и конденсации, в связи с чем могут быть успешно использованы для производства практически всех видов смазочных материалов – пластичных смазок, смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), и присадок [1]. Важными аргументами в пользу применения указанного вторичного сырья являются его дешевизна, доступность и возобновляемость, а также возрастающий дефицит нефтяных продуктов.

В работе представлены результаты исследований по разработке состава новой многофункциональной пластичной смазки путем получения мыльного загустителя на основе гудрона, изучению влияния модифицирующих агентов на процессы структурообразования смазочных композиций (СК), установлению зависимости физико-механических и триботехнических характеристик СК от параметров загустителя, а также от типа, концентрации, способа введения функциональных присадок и наполнителей и температурно-временных режимов их обработки [2].

С целью разработки мыльного загустителя для пластичных смазок на основе гудрона растительных масел (ГРМ), было проведено его модифицирование заключающееся во введении в состав омыляемой основы технического жира и комплексообразующего реагента – акриловой кислоты с последующей нейтрализацией жирных кислот гидроокисями натрия и калия [3]. Установлено, что соотношение ГРМ и технического жира (1:1) в омыляемой основе загустителя повышает температуру плавления СК на 25 °С (по сравнению со СК, загущенными только омыленным гудроном) за счет формирования мыльного

каркаса, состоящего из длинных мыльных волокон, образованных при омылении непредельных жирных кислот ГРМ и коротких мыльных волокон предельных жирных кислот жира технического.

В результате анализа влияния типа и концентрации щелочи и акриловой кислоты на температурную стойкость СК (рис.1) установлено, что NaOH является более предпочтительным, так как СК, загущенные натриевым

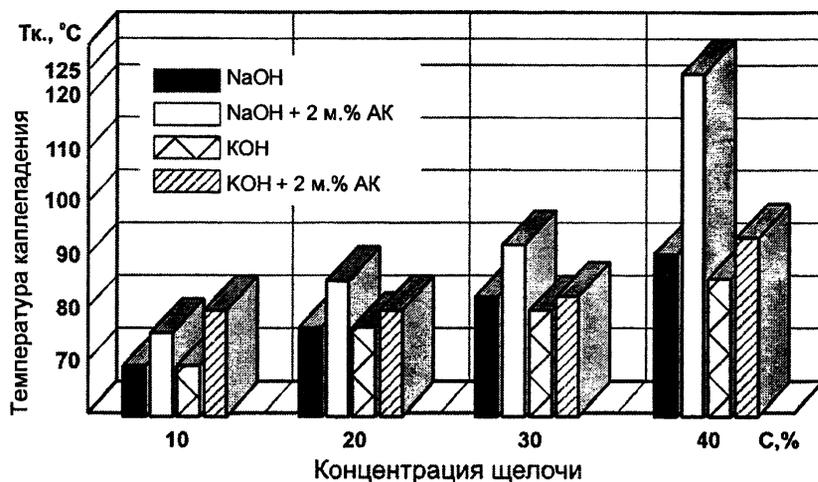


Рис. 1 Влияние типа и концентрации (С) щелочных и комплексообразующих реагентов на температуру каплепадения СК

мылом, имеют температуру каплепадения на 10-30 °С выше по сравнению со СК, загущенными калиевыми мылами, при прочих равных условиях.

Установлено, что оптимальным является проведение реакции нейтрализации жирных кислот гудроно-жировой основы 40 мас.% водным раствором гидроокиси натрия при введении 2 мас.% акриловой кислоты. Содержание пептизатора (воды) при этом является оптимальным для смачивания мыльных волокон, что облегчает заполнение мыльного каркаса загустителя маслом и способствует гомогенизации СК. А введение акриловой кислоты повышает температуру каплепадения СК и обеспечивает им термическую стабильность за счет образования комплексного мыла, обладающего высокой загущающей способностью.

В результате проведенных исследований был впервые получен загуститель пластичных смазок, представляющий собой комплексное натриевое мыло, образованное в результате реакции нейтрализации гидроокисью натрия предельных и непредельных жирных кислот гудроно-жировой смеси, взятой в соотношении 1:1 и 2 мас.% акриловой кислоты, применение которого повышает температуру каплепадения СК до 125 °С [4].

Исследования влияния типа дисперсионной среды (масла) на температуру каплепадения СК свидетельствуют о том, что с увеличением индекса вязкости масел она возрастает, что связано с лучшим удерживанием масла мыльной структурой смазок. Так температурная стойкость СК на основе масла МС-20 (индекс вязкости 150-179 сСт) на 10-15 °С выше по сравнению с другими маслами.

Концентрация загустителя в СК и степень его омыления оптимизированы по критерию физико-механических характеристик композиций. Результаты ис-

следования влияния степени омыления загустителя на свойства СК представлены в табл. 1. Из полученных результатов следует, что степень омыления загустителя практически не влияет на испаряемость СК, что обусловлено высокой температурной стойкостью натриевого мыла. Существенное увеличение предела прочности и температуры каплепадения СК с возрастанием степени омыления загустителя можно объяснить тем, что в пластичной смазке на основе мыл жирных предельных и непредельных кислот различной молекулярной массы прочность структурного каркаса определяется в основном силами связи между отдельными дисперсными частицами (силы Ван-дер-Ваальса), возникающими на больших площадях контакта.

Таблица 1

**Зависимость физико-механических характеристик СК
от степени омыления загустителя.**

Степень омыления загустителя	Предел прочности при 20°С, Па		Коэффициент термоупрочнения, %	Испаряемость, %
	Исходный	T _{обр} 120 °С, 1 час		
20 %	330	333	0,9	1,6
40 %	390	394	0,6	1,6
60 %	408	412	0,9	1,5
80 %	475	480	1,0	1,5
100 %	510	514	0,7	1,3

Увеличение числа дисперсных частиц (мицелл мыла) в единице объема приводит к увеличению прочности мыльного каркаса. Поэтому с точки зрения объемно-механических характеристик СК оптимальным является полное (степень омыления СО 100 %) омыление основы загустителя.

Испытания смазывающих свойств композиции в зависимости от степени омыления загустителя (при его содержании в составе СК 20 мас.%) проводили на четырехшариковой машине трения ЧШМ-1 при различных нагрузках. Как видно из данных, представленных в табл. 2, при одной и той же нагрузке P=8 МПа, введение в масло МС-20 комплексного натриевого мыла улучшает его противоизносные и противозадирные характеристики. Увеличение СО загустителя приводит к улучшению смазывающих свойств СК. Прочный мыльный каркас загустителя (СО 100 %), заполненный маслом, создает условия, при которых смазочная среда не вытесняется из зоны фрикционного контакта и обеспечивает надежный разделительный слой между контактирующими поверхностями, что повышает работоспособность всего узла трения.

Зависимость диаметров пятен износа от степени омыления загустителя

Степень омыления загустителя, %	Диаметры пятен износа, $D_{и}$, мм
Без загустителя	Задир
40	0,90
60	0,74
80	0,61
100	0,53

С целью дальнейшей оптимизации концентрации дисперсной фазы в составе СК было исследовано ее влияние на смазочные и прочностные свойства композиций, результаты которых представлены на рис 2. СК имеют макси-

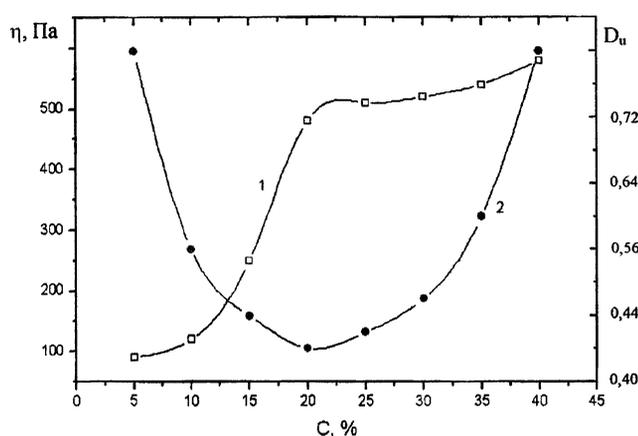


Рис. 2. Влияние концентрации загустителя на предел прочности (1) и диаметры пятен износа (2) СК МС-20+ гудрон (СО 100%). $P=4$ МПа, $t=1$ ч

мальное значение предела прочности (500-510 Па) и минимальное значение диаметров пятен износа ($D_{и}=0,42$ мм) при содержании загустителя в них 18-20 мас.%. Таким образом, на основании анализа экспериментальных данных установлено, что оптимальные физико-химические, смазывающие и технологические свойства имеют СК, загущенные комплексным натриевым мылом на основе модифицированного ГРМ (СО 100%), оптимальное содержание которого в СК составляет 18-20 мас.%.

С целью обеспечения работоспособности разработанной пластичной смазки в широком интервале температур и нагрузок, в ее состав были введены различные функциональные присадки и наполнители. Введение дифениламина в количестве 0,6-0,7 мас.% замедляет процесс окисления смазки за счет прерывания цепных реакций автоокисления благодаря радикалоакцепторным свойствам амина, что позволяет использовать его в качестве антиокислительной присадки в составе СК. Для предотвращения пенообразования в пластичной смазке, обусловленного мыльным типом загустителя, в качестве антипенной присадки вводили полиметилсилоксановую жидкость в количестве 0,3-0,4 мас.%, полностью подавляющую процесс пенообразования.

Исследовано влияние режимов термообработки на процессы структурообразования ПС и ее физико-механические характеристики. Установлено, что термообработка смазки (1,5 час при $T=180-185\text{ }^{\circ}\text{C}$) повышает ее предел прочности более чем в два раза (до 1180 Па) и температуру каплепадения на 70 % (до $210\text{ }^{\circ}\text{C}$), что позволяет использовать разработанную ПС в широком диапазоне нагрузок и температур.

С целью стабилизации термомеханических параметров СК и повышения прочности в ее состав вводили наполнители, практически нерастворимые в дисперсионной среде и образующие в СК самостоятельную фазу. Анализ влияния различных наполнителей на свойства смазок показывает, что эффективность наполнителя, как и других добавок, зависит от состава смазки, свойств загустителя и дисперсионной среды. Поскольку в разрабатываемых нами СК уже сформирована структура, то от введения активных наполнителей (дисульфида молибдена, слюды, оксидов свинца, цинка, магния и др.) [5], пришлось отказаться.

На основании проведенных исследований в качестве наполнителя в состав разрабатываемой СК был введен гибридный органоинеральный наполнитель, полученный как продукт химического взаимодействия стандартного раствора силиката натрия – жидкого стекла с фенолоформальдегидной смолой [6]. Механизм действия наполнителя связан с большой поверхностной активностью его частиц, способных удерживаться в сформированном мыльном каркасе смазки. Для его получения в жидкое стекло вводили 15 мас.% фенолоформальдегидной смолы, а затем полученную систему коагулировали водным раствором хлорида железа в количестве, необходимом для получения нейтральной реакции. Полученный продукт промывали водой, отфильтровывали, сушили при температуре $80-90^{\circ}\text{C}$, диспергировали и просеивали. Готовый наполнитель представляет собой порошок бурого цвета, степень дисперсности частиц которого составляет не более 50 мкм. Введение наполнителя осуществляли в количествах 1-4 мас.%. Результаты испытаний представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние органоинерального наполнителя на физико-механические параметры СК

Содержание наполнителя, мас.%	Температура каплепадения, $^{\circ}\text{C}$	Предел прочности при 20°C , Па		
		До термообработки	После термообработки, 120°C , 1 час	Коэффициент термоупрочнения
нет	120	515	518	0,5
1	120	537	540	0,5
1,5	122	538	542	0,7
2	123	543	550	1,2
2,5	122	550	556	1,0

3	124	550	555	0,9
4	123	550	557	1,2

Исследования показали, что введение наполнителя не влияет на температуру каплепадения пластичной смазки, но повышает прочность и термоупрочнение смазки. С увеличением концентрации наполнителя в составе СК в интервале от 1 до 2,5 мас.% их прочность постепенно увеличивается, что является характерным для данного типа наполнителя. Дальнейший рост концентрации наполнителя не влияет на свойства СК. Это связано, по-видимому, с тем, что структурный каркас загустителя заполняется наполнителем полностью. Установлено, что наиболее эффективным является введение в СК 2,5 мас.% наполнителя, поскольку это повышает предел прочности СК на 6 – 6,5 %, способствуя увеличению несущей способности смазки и позволяя применять ее в тяжело нагруженных узлах трения.

Таким образом, на основании проведенных исследований разработан состав и технология получения антифрикционной пластичной смазки, включающий в себя масло МС-20, загущенное комплексным натриевым мылом, полученным в результате реакции нейтрализации гудроно-жировой основы и акриловой кислоты гидроокисью натрия, а также комплекс функциональных присадок и наполнитель, позволяющий использовать ее для работы в узлах трения в широком диапазоне нагрузок и температур [7]. Свойства полученной смазки в сравнении с аналогами приведены в таблице 4.

Таблица 4

Свойства пластичных смазок

Свойства	Разработанная	Литол-24	Униол-1	Циатим-221
Температура каплепадения, °С	≥ 200	≥ 185	≥ 200	≥ 200
Предел прочности на сдвиг при 20 °С, Па	1100-1200	700-1200	200-500	250-500
Термоупрочнение при 120 °С за 1 час, %	1-1,5	10-50	50-300	100-250
Испаряемость при 120 °С за 1 час, %	1,5-2	≥10	8,4	0,7-1
Окисляемость при 120°С за 10 ч., мг КОН/г.	0,2-0,4	0,5-1,5	0,2-0,8	1,5-2,5
Критическая нагрузка заедания, МПа	16	≥6	8-10	2,4-2,8
Температурный диапазон применения	5-160	-40-130	-30-160	-60-160

ЛИТЕРАТУРА

1. Беззубов Л.П. Химия жиров. – М.: Пищевая промышленность, 1975. – 385с.
2. Халапсина Т.И., Злотников И.И., Смуругов В.А. Термостойкая смазочная композиция на гудроно-жировой основе с повышенной несущей способностью // Материалы 5-й Международной н-т конференции «Новые материалы и технологии: порошковая металлургия, композиционные материалы, защитные покрытия»: Сб.тр. – Минск, 2002. – С.352.
3. Бонер К. Дж. Производство и применение консистентных смазок. – М.: Гостехиздат, 1958. – 704 с.
4. Халапсина Т.И., Злотников И.И., Смуругов В.А. Комплексное натриевое мыло на гудроно-жировой основе как загуститель пластичных смазок // Материалы, технологии, инструменты. – 2002. – Т.7, №3. – С. 66-68.
5. Фукс И.Г. Добавки к пластичным смазкам.- М.: Химия, 1982. – 319 с.
6. Злотников И.И., Волнянко Е.Н. Особенности применения силикатполимерных наполнителей в качестве присадок к смазочным маслам // Трение и износ. – 2001. – Т 22, №6. – С. 689-692.
7. Решение на выдачу патента РБ по заявке № 20010963, МКИ С 10М 161/00.Пластичная смазка / Халапсина Т.И., Чмыхова Т.Г., Волнянко Е.Н., Злотников И.И., Смуругов В.А.

УДК 621.91.01/02

Попок Н.Н.

ОБОСНОВАНИЕ КЛАССИФИКАЦИИ РЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ ПО КОНСТРУКТИВНЫМ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫМ ПРИЗНАКАМ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Актуальность научного обоснования новых подходов к классификации режущих инструментов основывается, во-первых, на развитии комплексной обработки резанием и расширении многофункциональности применяемых при этом станков, приспособлений и инструментов [1,2], во-вторых, на возрастании качества точности и степени сложности режущих инструментов, в-третьих, на необходимости создания баз данных по их многочисленным конструктивным элементам, приемлемых для практического применения в САПР режущих инструментов.

Многофункциональность режущего инструмента может быть обеспечена путем создания комбинированного инструмента и использования взаимоза-