

у ідеалізованій моделі без врахування кулонівських сил.

Як показали теоретичні дослідження, ці струми досягають значних величин. Зовнішнє магнітне поле Землі значно впливає на вібраційну складову змінного струму у при поверхневому шарі деталі і, як наслідок, може мати вплив на термоелектричні явища під час металообробки.

Наразі більш достеменні дослідження не можуть бути виконані за відсутності відповідної апаратури, яка могла б не тільки реєструвати імпульси коротші за 1 мкс, а робити їх записи. Оскільки основна мета теоретичних досліджень є обґрунтування методики швидкісного цифрового забезпечення системи контролю стану металообробки різанням, то на межі є створення систем надточного контролю.

Література

1. Скицюк В. І. Поверхневі електрорушійні сили та струми при крутих коливаннях деталі та інструмента (Частина 1) / В. І. Скицюк // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2012. Вип. 43. – С. 112 – 116. УДК 620.179.14(088.8)
2. Скицюк В. І. Дрейф вільного електрона у технологічних об'єктах, що обертаються / В. І. Скицюк, М. А. Вайнтрауб // Вісник НТУУ «КПІ». Серія приладобудування. – 2009. – Вип. 38. – С. 85 – 92.

*Надійшла до редакції
20 липня 2012 року*

© Скицюк В. І., 2012

УДК 621.91: 620.179.4

ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ТРИБОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАСТОРОВОГО МАСЛА

Алиев А. И.

Республиканское высшее учебное заведение «Крымский инженерно-педагогический университет», г. Симферополь, Украина

Экологические приоритеты современности требуют новых условий использования органических смазочно-охлаждающих технологических средств. Результаты исследований показали, что растительные и минеральные масла заметно снижают адгезионную активность быстрорежущей стали P18 по отношению к стали 45 и стали 08X18H10T.

Цель статьи – изучение химической природы явлений, связанных с ростом относительной адгезионной активности пары P18 – ВТ1-0 в присутствии касторового масла.

Ключевые слова: *трибология, смазочно-охлаждающие среды, адгезионная активность.*

Вступ. Постановка проблеми

Екологічна орієнтованість сучасного приборостроительного виробництва визначає нові напрями в розробці смазочно-охолоджувальних технологічних засобів, забезпечувальних, крім безпеки їх використання, підвищення зносостійкості режущого інструмента та якості обробленої поверхні, особливо при виготовленні деталей при-

боров из труднообрабатываемых материалов и сплавов. В начале двадцатого столетия в работах Н. П. Петрова была обоснована необходимость перехода от растительных масел, применявшихся в качестве смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), к минеральным маслам, как более дешевым и не менее эффективным [1]. Экологические приоритеты нашего времени побуждают к пересмотру этих подходов.

По природе активности смазочно-охлаждающие жидкости разделяют на две группы: поверхностно-активные и химически активные. Растительные масла сочетают в себе качества обеих групп. Они содержат большое количество поверхностно-активных веществ и молекулы растительных масел, попадая в зону высоких давлений и температур, разрушаются и образуют свободные радикалы, пассивирующие ювенильные поверхности инструмента. Использованию растительных масел в качестве основы масляных смазочно-охлаждающих технологических сред (СОТС) уделяется все большее внимание в работах зарубежных и отечественных исследователей [2].

Однако, эти работы в основном имеют лишь технологический характер. Механизм влияния растительных масел на контактные процессы представляется изученным недостаточно. Кроме того, на сегодняшний день нет методики обоснованного подбора масел для различных групп обрабатываемых материалов по какому-либо критерию, особенно для операций изготовления деталей приборов методом пластической деформации. Этим критерием на наш взгляд может выступать степень влияния среды на адгезионную активность обрабатываемого и инструментального материалов.

Анализ предыдущих исследований и публикаций

Для решения обозначенных выше задач наиболее подходящей является методика, предлагаемая в работе [3]. Согласно этой методике, адгезионную активность фрикционного контакта оценивают уровнем прироста поверхности фактического сдвига – ΔS при его перемещении

$$\Delta S = \frac{\Delta F_{\text{экс}}}{S \cdot \tau_{\text{сд}}},$$

где $\Delta F_{\text{экс}}$ – прирост силы трения при постоянной для всех случаев величине угла поворота $\Delta \varphi$ шарового индентора (определяется экспериментально);

$\tau_{\text{сд}}$ – сопротивление обрабатываемого материала на сдвиг (зависит от нагрузки – упрочнение и температуры T °С – разупрочнение)

$$\tau_{\text{сд}} = \frac{F_{\text{экс}}^{\text{пр}}}{S_{\text{об}}},$$

где $F_{\text{экс}}^{\text{пр}}$ – предельная сила трения (определяется экспериментально);

$S_{\text{об}}$ – поверхность трения фрикционного контакта (общая поверхность сферических отпечатков на образцах)

$$S_{\text{об}} = S_1 + S_2,$$

где S_1 и S_2 – поверхности трения индентора с нижним и верхним образцами

$$S_i = \frac{\pi \cdot D_i \left(D_i - \sqrt{D_i^2 - d_i^2} \right)}{2},$$

где D – диаметр шаровой поверхности индентора, мм; d – диаметр отпечатка, мм; $i = 1, 2$ – верхняя или нижняя поверхность трения.

Для оценки коэффициента относительной адгезионной активности рассматриваемого обрабатываемого материала к инструментальному в присутствии смазочного материала, например растительного масла, эксперимент необходимо дублировать (рис. 1). Первый раз записывают кривую роста силы трения $F_{\text{экс}}$ при вращении индентора всухую (эталонная фрикционная пара), а второй раз при вращении с подачей исследуемой смазки.

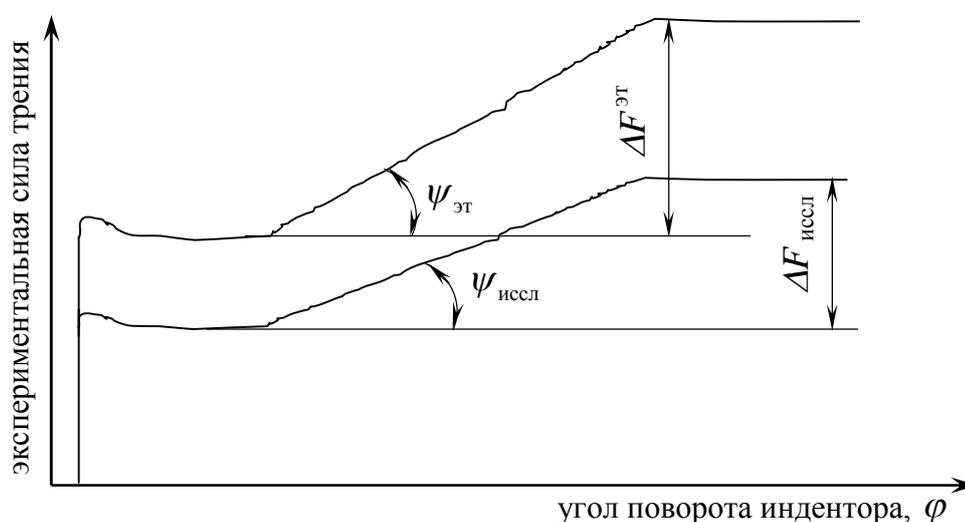


Рис. 1. Экспериментальная зависимость сил трения от угла поворота индентора для исследуемой и эталонной фрикционных пар

Измеряя прирост силы трения $\Delta F_{\text{экс}}$ на одинаковом угле поворота индентора $\Delta \varphi$, а также D_1 и D_2 – диаметры шаровых поверхностей и величины лунок d_1 и d_2 , рассчитывают коэффициент относительной адгезионной активности $K_{\text{адг}}$ по формуле:

$$K_{\text{адг}} = \frac{\Delta S_{\text{иссл}}}{\Delta S_{\text{эт}}} = \frac{\Delta F_{\text{экс}}^{\text{иссл}} \cdot \tau_{\text{сд}}^{\text{эт}} \cdot S_{\text{эт}}}{\Delta F_{\text{экс}}^{\text{эт}} \cdot \tau_{\text{сд}}^{\text{иссл}} \cdot S_{\text{иссл}}},$$

где $\tau_{\text{сд}}^{\text{иссл}}$ и $\tau_{\text{сд}}^{\text{эт}}$ – прочность обрабатываемого материала в исследуемой и эталонной фрикционных парах на сдвиг, которая зависит от нагрузки и температуры (в нашем случае $\tau_{\text{сд}}^{\text{эт}} = \tau_{\text{сд}}^{\text{иссл}}$);

$F_{\text{экс}}^{\text{иссл}}$ и $F_{\text{экс}}^{\text{эт}}$ – прирост сил трения при одинаковом угле поворота $\Delta \varphi$ индентора для исследуемой и эталонной пар.

$S_{\text{иссл}}$ и $S_{\text{эт}}$ – суммарная площадь лунок, образуемых на нижнем и верхнем образцах из обрабатываемого материала в исследуемой и эталонной парах.

Результаты более ранних исследований [4] показали, что масла, как растительные, так и минеральные заметно снижают адгезионную активность быстро-режущей стали Р18 по отношению к стали 45 и стали 08Х18Н10Т. В контактной паре Р18 – ВТ1-0 результаты получились неоднозначными. Поскольку титан является более реактивным металлом нежели стали – аномалии, связанные с ростом адгезионной активности в среде масел, могут быть вызваны химическими процессами протекающими в контактной зоне.

Целью работы является изучение химической природы явлений, связанных с ростом относительной адгезионной активности пары Р18 – ВТ1-0 в присутствии касторового масла.

Изложение основного материала

Для контактной пары Р18 – ВТ1-0 влияние различных СОТС на прочность адгезионных связей было рассмотрено более подробно в зависимости от изменения нормальной нагрузки при температуре 100°C. Температура была выбрана на основании результатов предыдущих опытов, которые показали, что при этой температуре различие в действии сред в контактной паре Р18 – ВТ1-0 наиболее заметно [5].

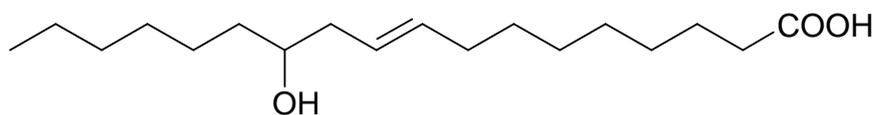
Ниже в таблице 1 представлены результаты расчета коэффициентов относительной адгезионной активности по методике Внукова. Рассмотрение коэффициентов показывает, что для контактной пары Р18 – ВТ1-0 растительные масла за исключением касторового значительно снижают адгезию по отношению к минеральному маслу, которое является основой для производства масляных смазочно-охлаждающих технологических средств во всем диапазоне рассмотренных нагрузок.

Из табл. 1 видно, что касторовое масло не показало эффективности при определении коэффициента относительной адгезионной активности по методике Внукова в контактной паре Р18 – ВТ1-0 при температуре 100°C и при различных нормальных нагрузках [3].

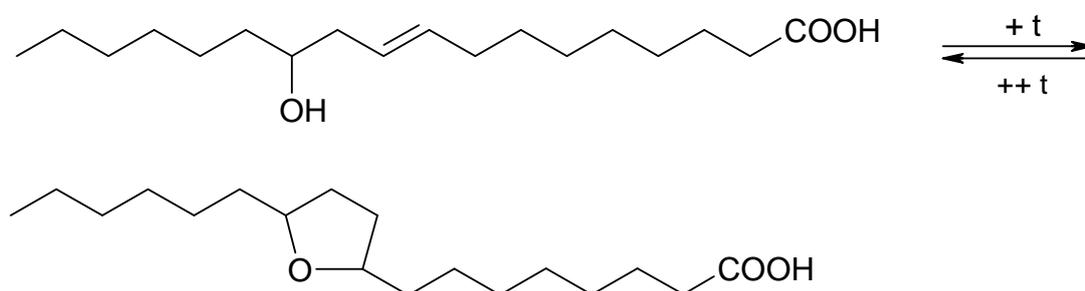
Таблица 1. Значения $K_{\text{адг}}$ по методике Внукова Ю. Н.

	Нормальная нагрузка							
	176 Н	353 Н	529 Н	882 Н	1235 Н	1764 Н	2646 Н	3528 Н
Сухая эт.	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Минеральное	1,28	1,16	0,98	1,22	1,15	1,25	0,92	0,99
Касторовое	0,95	0,95	1,12	0,93	1,19	0,72	0,81	1,00
Подсолнечное	0,88	0,75	0,83	0,45	1,02	0,80	0,83	1,01
Рапсовое	0,99	0,76	0,94	0,43	1,04	0,63	0,91	1,01

В то же время рапсовое и подсолнечное масла имели заметно меньшие значения $K_{адз}$ по сравнению с сухим трением и трением в среде минерального масла. Причина такого поведения касторового масла связана с его химической природой. Касторовое масло содержит 71-89% рицинолевой кислоты. Данная кислота является оксикислотой, то есть кислотой, содержащей гидроксогруппу. Формула: $CH_3(CH_2)_5CH(OH)CH_2CH=CH(CH_2)_7COOH$.



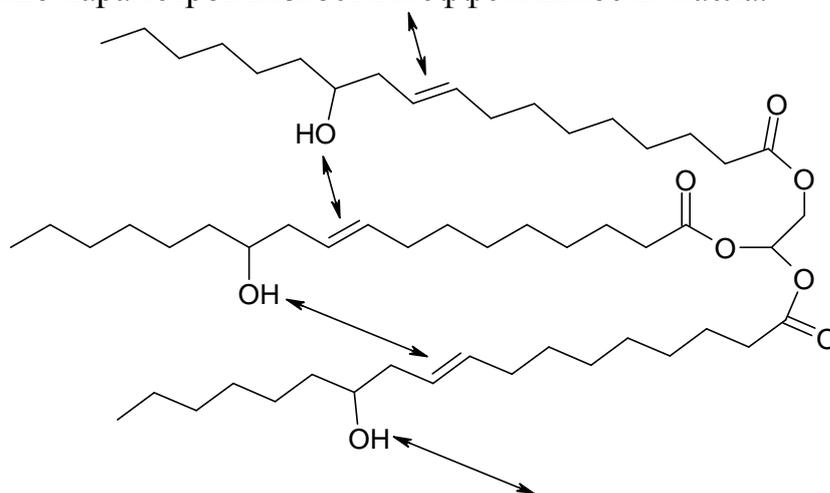
При нагревании рицинолевой кислоты до температуры около $100^{\circ}C$ происходит внутримолекулярное циклообразование, показанное на рисунке:



Процесс циклообразования пятичленного цикла приводит к уменьшению подвижности углеводородного остатка карбоновой кислоты в масле и, следовательно, к увеличению его вязкости. Пятичленный цикл фурфурольного типа при дальнейшем повышении температуры способен к размыканию с возвратом в ациклическую форму рицинолевой кислоты с восстановлением свойств низкотемпературной природной формы.

Следует понимать, что взаимодействие кислорода окси-группы с двойной связью в реальности происходит в молекуле масла, т.е. триглицерида, поэтому оно может быть как внутримолекулярным, так и межмолекулярным.

При этом, любое взаимодействие данного типа, приводит к фиксации подвижности середины углеводородной цепочки остатка карбоновой кислоты и, следовательно, к изменению параметров вязкости и эффективности масла.



Таким образом, особенности строения триглицеридов касторового масла, содержащего 71-89% рицинолевой кислоты, приводят к резкому отличию поведения данного масла при использовании его в качестве СОЖ.

При нагревании до определенной температуры (около 100⁰С) происходит скачкообразное изменение свойств масла, вызванное внутримолекулярными перегруппировками в середине углеводородного радикала рицинолевой кислоты. Поскольку данный процесс является обратимым при нагревании до более высокой температуры (около 150⁰С), то при дальнейшем повышении температуры преобладает процесс дециклизации и масло в целом ведет себя, как и другие растительные масла.

Выводы

Проведенные исследования показали, что при выборе масляных смазывающе-охлаждающих технологических сред на растительной основе для обработки деталей приборов из труднообрабатываемых материалов и сплавов, необходимо учитывать температурные условия их применения (процессы химических преобразований и деструкции исходных соединений). В частности для касторового масла, которое успешно применяется в технологических операциях обработки металлов давлением, достижение температуры 100⁰С может иметь нежелательные последствия.

Перспективы

Предметом дальнейших исследований может служить определение температурных условий использования растительных масел в качестве СОТС с учетом их химических свойств.

Литература

1. Петров Н. П. Гидродинамическая теория смазки. Избранные работы / Николай Павлович Петров; [редакция и комментарии академика Л. С. Лейбензона]. – М.: Издательство АН СССР, 1948. – 552 с.
2. Международный транслятор современных масел и смазок в стандартах разных стран и фирм; под ред. И. П. Ксеневича, Т. П., - М.: Наука и техника, 1994. – 527 с.
3. Внуков Ю. Н. Повышение износостойкости быстрорежущих инструментов на основе исследования условий их трения с обрабатываемыми материалами и реализация новых технологических возможностей. Внуков Юрий Николаевич. Москва, спец. 05.03.01, доктор техн. наук, 1992.
4. Алиев А. И. Влияние масел растительной природы на адгезионные процессы при различных температурах / А. И. Алиев, Ч. Ф. Якубов // Резание и инструмент в технологических системах. – Харьков: НТУ «ХПИ», 2002. – Вып. 61. – С. 3 – 5.
5. Алиев А. И. К вопросу определения трибометрических характеристик / А. И. Алиев, Ф. Я. Якубов, Э. Р. Ваниев // Резание и инструмент в технологических системах. - 2003. – Вып. 64. – С. 23 – 30.

*Надійшла до редакції
26 липня 2012 року*

© Алиев А. И., 2012