

## **ВЛИЯНИЕ МОДИФИЦИРОВАННЫХ СОТС РАСТИТЕЛЬНОЙ ПРИРОДЫ НА УСЛОВИЯ КОНТАКТНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ**

*В роботі розглядається вплив модифікованих МОТС рослинної природи на умови контактної взаємодії. Модифікація МОТС при цьому досягається введенням до складу рослинних олій антиоксидантів. Показан значний вплив антиоксидантів на умови контактної взаємодії.*

*В работе рассматривается влияние модифицированных СОТС растительной природы на условия контактного взаимодействия. Модифицирование СОТС при этом достигается введением в состав растительных масел антиоксидантов. Показано значительное влияние антиоксидантов на условия контактного взаимодействия.*

*In article influence of modified LCTM of vegetable nature is in-process examined on the terms of contact cooperation is considered. Retrofitting of LCTM is here arrived at by introduction in the complement of vegetable oils of antioxidants. Considerable influence of antioxidants is shown on the terms of pin cooperation.*

**Постановка проблемы.** Процесс взаимодействия поверхностей сопровождается не только их деформированием, но и изменением структуры, фазового состава, механических свойств и химической активности контактных поверхностных слоев. При этом главной характеристикой металлорежущего инструмента является износостойкость, зависящая от поведения тонких поверхностных контактных слоев пар трения. Последняя, в свою очередь, зависит от длины контакта на передней поверхности инструмента. Данная характеристика также позволяет определить эффективность проникающей способности СОТС.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Своеобразная и очень важная роль кислорода воздуха в процессах трения и износа, широко раскрытая и подтвержденная в исследованиях [1, 2, 3], полностью сохраняется и в присутствии органических ПАВ, в частности триглицеридов. Это объясняется, прежде всего тем, что скорость хемосорбционного взаимодействия кислорода воздуха с поверхностью металла значительно превышает скорость адсорбции ПАВ. Поэтому адсорбция ПАВ из смазочной среды на поверхности весьма затруднена из-за высокой хемосорбционной способности металла к кислороду воздуха. Таким образом, экранирующее действие оксидных пленок, препятствующее прямому взаимодействию ПАВ с поверхностью металла, приводит к резкому снижению эффектов адсорбирования, пластифицирования и диспергирования.

Нейтрализация действия кислорода воздуха может быть достигнута как физическими методами (избыточное давление нейтрального газа или вакуум), так и химическими (использование веществ, пассивирующих поверхность

металла). Физические методы, как правило, сложны и дорогостоящи, а также их использование влечет за собой применение специальных приспособлений и изменение узлов станков и инструментов. Химические же методы, обладая не меньшей эффективностью, достаточно просты и значительно дешевле.

В настоящей работе предлагается использовать для нейтрализации кислорода воздуха химический метод. В качестве действующего вещества предлагается использовать антиоксидант (АО) – витамин Е ( $\alpha$ -токоферол). Особенностью АО является их способность нейтрализовать свободные радикалы, в нашем случае ионы кислорода  $O^{2-}$ . При введении жирорастворимого витамина Е в состав СОТС растительной природы происходит его полное растворение. Нахождение в витамине Е трижды метилированного фенольного кольца с системой сопряженных двойных связей, обеспечивает легкую отдачу электронов свободным радикалам и восстановление их до свободных продуктов [4].

**Целью данной статьи** является изучение степени влияния модифицированных СОТС растительной природы на условия контактного взаимодействия в процессе точения различных металлов.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить степень влияния модифицированных СОТС на изменение длины контакта инструмента со стружкой;
- измерить высоту нароста образовавшегося в процессе обработки;
- оценить качество поверхности обработанной детали.

**Изложение основного материала.** Согласно двухзонной и трехзонной моделям контактного взаимодействия, зона пластического контакта отличается очень высокой плотностью контактирования инструментального и обрабатываемого материалов. По двухзонной модели на контактной поверхности различают зоны пластического и упругого контакта. В трехзонной модели различают зоны адгезионного, гранично-адгезионного и гомогенного граничного трения.

На рисунках 1 и 2 показаны зависимости общей длины контакта от скорости резания при точении нержавеющей стали 12Х18Н10Т и титанового сплава ВТ-22 резцом из Р6М5К5 в различных средах, а также в условиях подачи растительных масел в среде аргона. Все эксперименты проводились при неизменной геометрии инструмента:  $\gamma=0^\circ$ ,  $\alpha=12^\circ$ ,  $\varphi=45^\circ$ . Использование в качестве режущего инструмента поворотных неперетачиваемых пластин для реза, каждый новый прием точения на которых осуществлялся на «свежей» грани, обеспечивало возможность исключения влияния переточки на изменение исходных свойств инструмента.

В качестве СОТС при резании использовались: индустриальное масло И-20; подсолнечное масло (ПМ); рапсовое масло (РМ); подсолнечное масло + АО (ПМ + АО); рапсовое масло + АО (РМ + АО); подсолнечное масло +

инертный газ (ПМ + Ar); рапсовое масло + инертный газ (PM + Ar). Подача СОТС осуществлялась методом минимизированной подачи устройством фирмы «NOGA» (Израиль). Аргон в газообразном состоянии подавался из стандартного (40 л) баллона под давлением 0,4 МПа и непосредственно соединялся с устройством подачи СОТС и специально сконструированным экранирующим соплом.

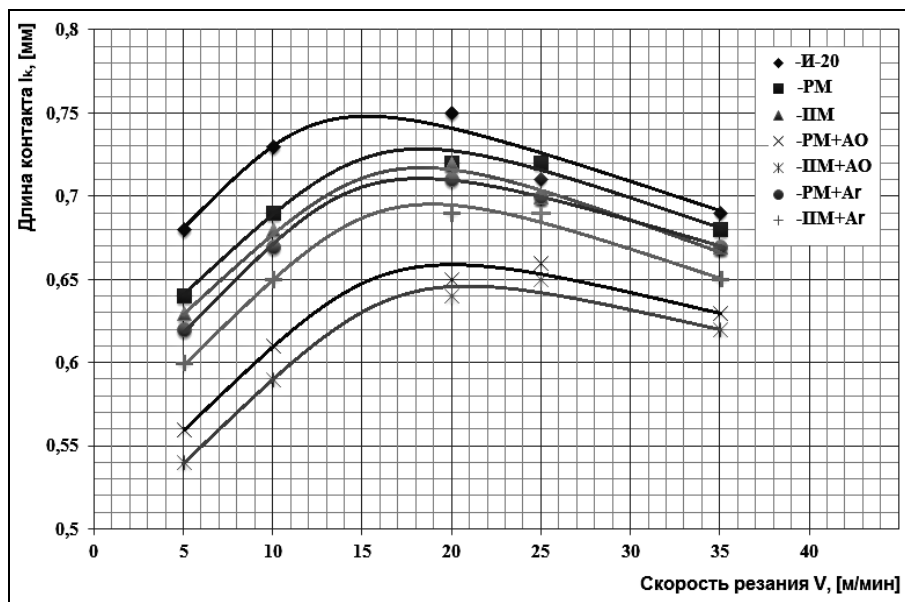


Рисунок 1 – Влияние СОТС на общую длину контакта при изменении скорости резания (материал –12Х18Н10Т, s=0,1 мм/об, t=0,5 мм)

Как видно из полученных результатов, изменение длины контакта зависит как от скорости резания и от СОТС, так и от обрабатываемого материала. Максимальное значение зависимости  $l_k = f(V)$ , связано со смазывающим эффектом СОТС. При повышенных скоростях ухудшается проникающая способность СОТС, и разница в значениях длин контакта в различных СОТС сравниваются. Меньшее, почти в два раза, значение общей длины контакта при обработке титанового сплава обусловлено высокой плотностью контакта в зоне резания.

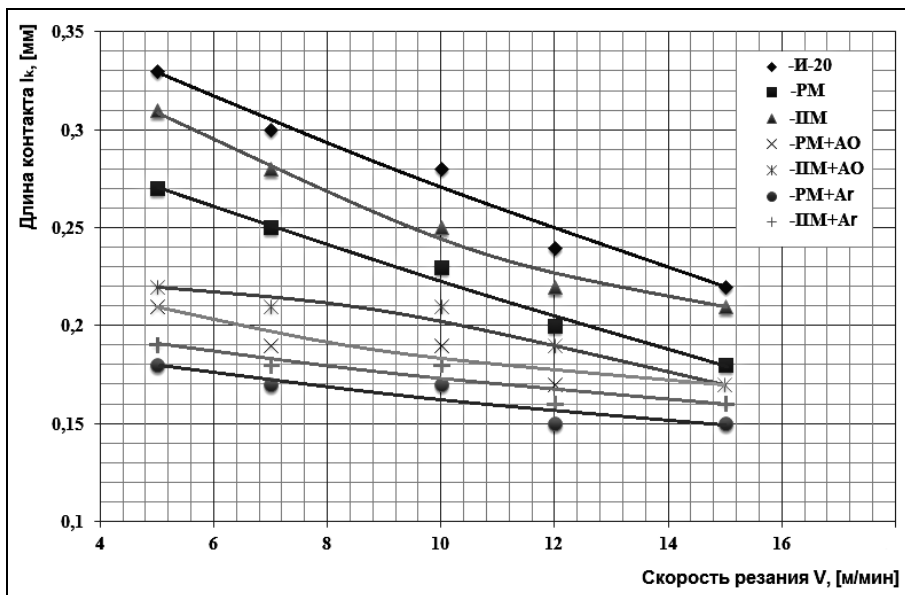


Рисунок 2 – Влияние СОТС на общую длину контакта при изменении скорости резания (материал – ВТ-22,  $s=0,1$  мм/об,  $t=0,5$  мм)

Однако, при пониженных режимах резания, применение всех видов масел растительного происхождения обуславливает снижение длины контакта стружки с передней поверхностью инструмента. Эффект сокращения длины контакта особенно заметен при применении модифицированных растительных масел и подачи их в среде аргона. При точении химически инертной нержавеющей стали наибольшее снижение длины контакта происходило в среде модифицированного подсолнечного масла – на 14% по сравнению с чистым подсолнечным маслом и на 19% по сравнению с минеральным маслом. В случае с химически активным титаном эффект снижения длины контакта несколько выше, особенно в среде модифицированного рапсового масла – на 23% по сравнению с чистым рапсовым маслом и на 37% по сравнению с минеральным маслом. Также интересно отметить, что применение инертной газовой среды при точении нержавеющей стали не оказало влияния на эффект снижения длины контакта. При точении же титанового сплава эффекты снижения длины контакта при применении аргона и АО сопоставимы.

Согласно закономерностям адгезионного взаимодействия рассматриваемых на основе диаграмм «электроотрицательность – атомарный радиус» Даркена-Гурри [5], сила адгезионного взаимодействия тем выше, чем ближе располагаются элементы друг от друга и чем выше их металлургическое сродство. Именно поэтому длина контакта при точении нержавеющей стали, близ-

кой по своим свойствам к быстрорежущей стали инструмента, в два раза больше, чем при точении титанового сплава. Действие СОТС также существенно зависит от свойств обрабатываемого материала. Поэтому при точении химически нестойкого к действию окружающей среды титанового сплава наблюдалось значительное снижение длины контакта, которое было незначительным при точении инертной к действию среды нержавеющей стали.

В порядке уточнения полученных результатов представлены металлографические картины контактных поверхностей резцов при точении нержавеющей стали 12Х18Н10Т (рисунок 3) и титанового сплава ВТ-22 (рисунок 4). Режимы обработки соответствуют режимам при исследовании длин контакта (указаны выше).

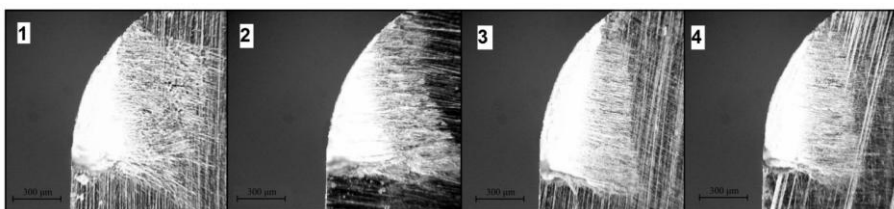


Рисунок 3 – Изменение общей длины контакта при точении нержавеющей стали 12Х18Н10Т: 1 – И-20; 2 – подсолнечное масло; 3 – подсолнечное масло + АО; 4 – подсолнечное масло + Аг

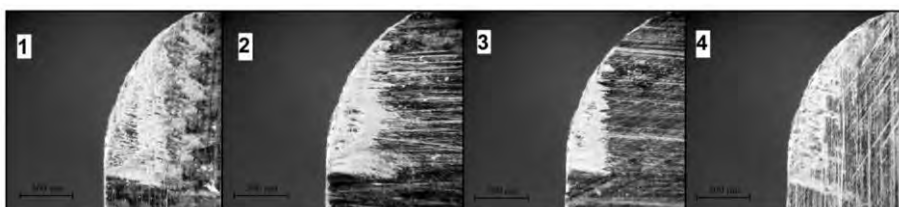


Рисунок 4 – Изменение общей длины контакта при точении титанового сплава ВТ-22: 1 – И-20; 2 – рапсовое масло; 3 – рапсовое масло + АО; 4 – рапсовое масло + Аг

Как видно из рисунка 3, при точении нержавеющей стали достаточно четко различимы зоны пластического и упругого контакта. И если при резании в среде минерального масла И-20 зона упругого контакта больше зоны пластического и имеет неорганизованную форму, то при резании во всех СОТС растительной природы зона упругого контакта имеет четко очерченную форму и практически равна длине пластического контакта.

В аналогичных условиях наблюдается иная картина адгезионных процессов при точении титанового сплава (рисунок 4). На контактных поверхностях резца не различимы зоны пластического и упругого контакта, а видны локальные микроучастки, покрытые слоями налипшего обрабатываемого ма-

териала. При этом их форма не носит геометрически организованный характер.

Для более полного понимания механизма адгезионных явлений, происходящих в зоне резания, были исследованы процессы наростообразования. Однако при точении титанового сплава нарост либо отсутствовал, либо был настолько незначительным, что имеющиеся методы контроля не позволяли его измерить. Объяснить данное обстоятельство невозможно с позиции металлургического сродства на основе диаграмм Даркена-Гурри, так как данная методика не учитывает особенность контактного взаимодействия переходных металлов и сплавов на их основе, к которым относится титан. Адгезионные процессы, происходящие при участии переходных металлов необходимо анализировать с учетом правила Хегга [6].

Согласно правилу Хегга, металлы, обладающие большим атомарным радиусом (все переходные металлы) образуют с неметаллами, обладающими небольшим атомарным радиусом, кристаллическую структуру, состоящую из кристаллической решетки со вставленными в нее атомами неметалла. Происходит образование структуры с превалированием металлической связи. В связи с этим, при контактном взаимодействии титана и его сплавов, процессы адгезионного схватывания могут активизироваться за счет внедрения атомов кислорода в кристаллическую решетку титана. То есть образующаяся оксидная пленка не является фактором блокирования адгезионных процессов, а наоборот активно стимулирует процессы схватывания [7]. Именно поэтому в бескислородных средах (СОТС+АО и СОТС+Аг) длина контакта снижается, а наросты практически отсутствуют. Это в определенной степени подтверждает способность АО достаточно надежно изолировать зону резания от кислорода.

Совершенно иная картина наростообразования наблюдается при точении нержавеющей стали (таблица 1).

Усиление процессов схватывания, незначительная величина наростов и практически полное их отсутствие на низких скоростях (менее 5 м/мин) при точении нержавеющей стали. На скорости 25м/мин наибольшие наросты образуются в среде минерального масла и, особенно, в среде аргона. Это можно объяснить тем, что в случае с конструкционными и нержавеющей стали кислород блокирует процессы схватывания за счет оксидных образований и понижает активность наростообразования [7]. Вследствие того, что в среде аргона нет условий для формирования оксидных пленок то, величина нароста была значительной: образование нароста происходило даже при невысоких (5 м/мин) скоростях резания.

Таблица 1 – Влияние различных СОТС на высоту нароста при точении нержавеющей стали 12Х18Н10Т ( $s=0,1$  мм/об,  $t=0,5$  мм)

| Используемые масла | Высота нароста, [мм] |                 |
|--------------------|----------------------|-----------------|
|                    | Врез.=5[м/мин]       | Врез.=20[м/мин] |
| И-20               | 0,04                 | 0,09            |
| Рапсовое           | Отсутствует          | 0,08            |
| Подсолнечное       | Отсутствует          | 0,06            |
| Рапсовое + АО      | Отсутствует          | 0,03            |
| Подсолнечное + АО  | Отсутствует          | 0,03            |
| Рапсовое + Ag      | 0,05                 | 0,11            |
| Подсолнечное + Ag  | 0,04                 | 0, 10           |

При использовании АО в качестве присадок нейтрализующих действие кислорода, следует ожидать аналогичные эффекты адгезионного схватывания, что и при использовании нейтральной газовой среды. Однако последнее не согласуется с данными, полученными при исследовании процессов наростообразования: величина наростов при использовании СОТС+АО наименьшая из всех изученных. Это противоречие можно объяснить способностью АО нейтрализовать действие кислорода лишь в той зоне резания, в которую проникает несущее их СОТС. Именно по этой причине в зону пластического контакта, где и образуется нарост, СОТС проникает либо не в достаточной мере либо при определенных условиях не проникает вовсе. Кислород, в свою очередь, способен проникать в зону пластического контакта не только из внешней среды, но и из самого обрабатываемого материала.

Наряду с исследованиями процессов контактного взаимодействия были изучены параметры шероховатости обработанной поверхности (таблица 2).

Полученные данные свидетельствуют о повышении качества поверхности при обработке в среде СОТС растительной природы. Как и следовало ожидать, интенсификация наростообразования при точении нержавеющей стали в среде аргона, привела к ухудшению параметров шероховатости. Следует отметить, что в чистом виде растительные масла обеспечивают незначительное повышение качества поверхности по сравнению с минеральными маслами, а в случае с титановым сплавом разница практически отсутствует.

Таблица 2 – Влияние различных СОТС на качество обработанной поверхности ( $s=0,1$  мм/об,  $t=0,5$  мм)

| Используемые масла | Качество обработанной поверхности Ra, [мкм] |                          |
|--------------------|---|--------------------------|
|                    | 12Х18Н10Т<br>Врез.=20[м/мин]                | BT-22<br>Врез.=15[м/мин] |
|                    |   |                          |

|                   |      |      |
|-------------------|------|------|
| И-20              | 0,77 | 0,38 |
| Рапсовое          | 0,51 | 0,37 |
| Подсолнечное      | 0,44 | 0,38 |
| Рапсовое + АО     | 0,38 | 0,21 |
| Подсолнечное + АО | 0,33 | 0,24 |
| Рапсовое + Аг     | 0,62 | 0,19 |
| Подсолнечное + Аг | 0,61 | 0,20 |

Модификация масел АО в свою очередь приводит к значительному улучшению качества поверхности. Данное обстоятельство связано со снижением сил адгезионного взаимодействия на передней поверхности инструмента и как следствие общей стабилизацией процесса резания.

**Выводы.** Таким образом, модификация СОТС растительной природы АО позволяет, в значительных пределах, управлять смазочными свойствами растительных масел. Благодаря повышению проникающей способности модифицированных СОТС происходит уменьшение длины контакта инструмента со стружкой, что в свою очередь приводит к снижению действующих сил, работы резания и трения. Способность АО нейтрализовать действие кислорода приводит к понижению активности наростообразования и, как следствие, улучшению качества обработанной поверхности.

**Список использованных источников:** 1. *Б.И. Костецкий.* Роль кислорода при действии добавок поверхностно-активных веществ в процессах трения, смазки и износа металлов / Б.И. Костецкий, Г.В. Никулин. — М.: ДАН СССР, 1968. — Т. 181, № 2. — С. 123-167. 2. *Б.Ш. Каликштейн.* Влияние воздуха и вакуума на контактные процессы, свойства и износ рабочих поверхностей металлорежущего инструмента: дис. ... канд. техн. наук / Б.Ш. Каликштейн. — Ташкент – Тбилиси, 1986. — 156 с. 3. *Ф.Я. Якубов.* Энергетические соотношения процесса механической обработки материалов / Ф.Я. Якубов. — Ташкент: ФАН, 1985. — 112 с. 4. *Э.Р. Менумеров.* Повышение эксплуатационных характеристик СОТС на основе растительных масел / Менумеров Э.Р. // Вестник Хмельницкого национального университета. Хмельницкий, 2006. — Вып. 6. — С. 44-48. 5. *Б.Т. Грязнов.* Технологические методы повышения долговечности машин микрокриогенной техник / Б.Т. Грязнов, А.Н. Зинкин, В.В. и др. — Новосибирск: Сибирское предприятие РАН, 1999. — 272 с. 6. *А.С. Верещака.* Режущие инструменты с износостойкими покрытиями / А.С. Верещака, И.П. Третьяков. — М.: Машиностроение, 1986. — 192 с. 7. *Ф.Я. Якубов.* Структурно – энергетические аспекты упрочнения и повышения стойкости режущего инструмента / Ф.Я. Якубов, В.А. Ким. — Симферополь, Крымчупедгиз, 2005. — 300 с.

*Поступила в редколлегию 15.06.2012*