

## О МЕХАНИЗМЕ ДЕЙСТВИЯ РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО СОСТАВА В УЗЛАХ ТРЕНИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

*В.Б. Ломухин, канд.техн.наук, доцент (Новосибирский ГАСУ)*

*Р.Ю. Соловьев, канд.техн.наук, доцент  
(ФГБНУ ГОСНИТИ, 8(499) 174-81-20)*

*С.Н. Шарифуллин, докт.техн.наук, доцент (КФУ)*

**Аннотация.** В данной работе показано, что в формировании защитного покрытия на поверхностях узлов трения машин и механизмов с применением различных ремонтно-восстанавливающих препаратов участвуют и адсорбционные процессы.

**Ключевые слова:** РВС-препарат, модификация, узел трения, эффект Ребиндера, трибоплазма.

Технологии восстановления изношенных поверхностей узлов трения машин и механизмов с применением различных ремонтно-восстанавливающих препаратов в различных вариантах существуют с 80-х годов прошлого века. Однако на сегодняшний день отсутствует однозначная теория механизма воздействия ремонтно-восстановительного состава (РВС) на поверхность узлов трения [1]. В этой работе предлагается одна из гипотез для этой теории на основе адсорбционного эффекта Ребиндера [2].

В качестве иллюстрации теории рассмотрим рис. 1. Между поверхностями трения «вал – вкладыш» (рис. 1а) и «зеркало цилиндра – поршневое кольцо» (рис. 1б) – присутствует масляная пленка. Рассматривая бесконечно малые фрагменты пар трения, эти пары можно свести к рис. 1в.

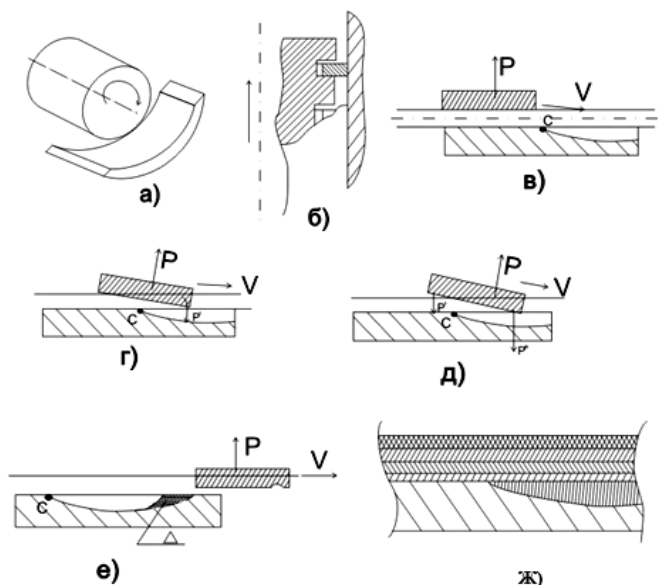


Рис. 1. Графическая модель теории безразборного ремонта

При движении верхнего тела между ним и нижним телом пары трения при установившемся режиме присутствует масло – «масляный клин». Верхнее тело глиссирует по поверхности масла. В точке С (рис. 1в) показано начало микротрещины. При наплывании верхнего тела на микротрещину, происходит нарушение режима глиссирования, тело «проваливается», т.е. переходит в водоизмещающий режим движения (рис. 1г), при дальнейшем движении верхнего тела (рис. 1д) происходит его погружение и касание контртела. На рис. 1е показано положение после того, как верхнее тело миновало микротрещину и вернулось в режим глиссирования, с частичным вырывом участка Д.

Поэтому на первом этапе безразборного восстановления следует привести в соответствие вязкостные параметры смазочного масла. На втором этапе следует произвести первичное воздействие на поверхности трения. Для этого нужно учитывать состав применяемого препарата и режим эксплуатации. На третьем этапе, уменьшая вязкостные параметры масла, следует продолжить воздействие восстанавливающими препаратами на поверхности трения. Величина «наклеенного» – привнесенного слоя зависит от степени износа трущихся пар, следовательно, количество ремонтного состава следует согласовывать не только с износом, но и с объемом (размерами) трущихся пар. Третий этап может повторяться несколько раз в зависимости от нужной степени восстановления. Вид восстановленной поверхности показан на рис. 1ж.

У эффекта Ребиндера есть и отрицательные стороны, которые не позволяют утверждать, что только он является стимулятором образования защитного покрытия на поверхностях узлов трения в присутствии РВС-препарата. Надо полагать, что основными составляющими в модифицировании защитного покрытия являются давление, температура и трибоплазма. Тем не менее нельзя отрицать при этом и влияния адсорбционного эффекта Ребиндера. Если последовательно рассмотреть внутренний адсорбционный эффект Ребиндера и гидродинамическую теорию смазки, то можно констатировать, что:

1. Внутренний адсорбционный эффект вызывается адсорбцией поверхностно-активных веществ на внутренних поверхностях раздела – зародышевых микротрещинах разрушения, возникающих в процессе деформации твердого тела (рис. 2). Этот эффект заключается в адсорбции атомов поверхностно-активных веществ на поверхностях микротрещин при деформации и разрушении твердого тела. Трещины быстрее развиваются в результате уменьшения работы, затрачиваемой на образование новой поверхности.

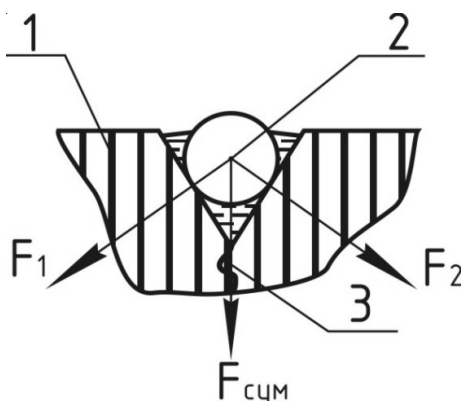
Отличительной особенностью эффекта Ребиндера является то, что он проявляется только при совместном действии среды и определенного напряжения. Эффект может быть вызван не только адсорбцией, но и воздействием жидкости. Наиболее сильно эффект Ребиндера проявляется в условиях образования новых поверхностей.

2. Если рассмотреть пару трения вал-вкладыш, типичную для режима смазки большинства пар трения строительных машин и механизмов (рис. 3), то в неработающем механизме вал своей массой выдавливает масло из зазоров между шейками и вкладышами и ложится на нижнюю поверхность вкладыша. Их разделяет тончайшая пленка масла, прочность и толщина которой зависят от полярности молекул, входящих в масло.

Зазор между шейкой и подшипником, имеющий клиновидную форму, в какой-то степени заполнен маслом. При запуске механизма вал начинает вращаться. При первых же оборотах шейка вала за счет явления прилипания масла к металлу будет увлекать за собой граничные слои масла.

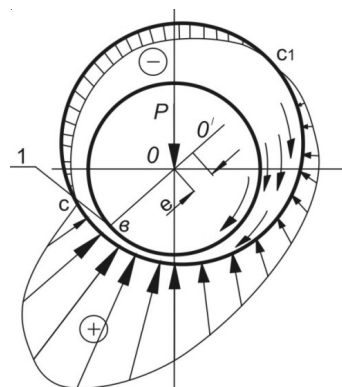
За счет вязкости вместе с граничными слоями будет перемещаться оставшая часть масла, заполняющая зазор. В узкую серповидную часть (по ходу вращения) нагнетается все большее количество масла, повышается давление, вал начинает приподниматься, как бы «всплывать» в подшипнике. Между

валом и нижней частью подшипника образуется масляный клин. При большой частоте вращения вала в подшипнике возрастает давление в масляном клине, вал, несколько смещаясь в сторону вращения, еще больше поднимается на масляной подушке. В масляном слое развивается высокое, так называемое гидродинамическое давление. Между валом и подшипником возникает жидкостное трение.



**Рис. 2. Классическая схема эффекта Ребиндера:**

1 – тело детали; 2 – полярная молекула, частица продукта износа;  
3 – микротрещина

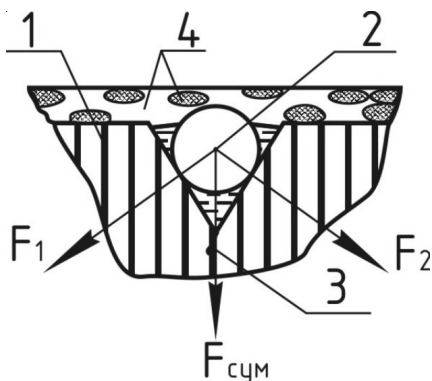


**Рис. 3. Механизм образования масляного клина при вращении вала в подшипнике**

Создателем гидродинамической теории смазки является выдающийся русский ученый Н.П. Петров, предложивший для расчета силы трения концентрически расположенного вала в подшипнике формулу (упрощенный вариант). Таким образом, жидкостное (гидродинамическое) трение зависит от процессов внутреннего трения в смазочном масле, т.е. его вязкости.

Согласно упрощенному варианту формулы, чем больше вязкость, тем больше сила  $F_{сум}$ , которая в классической схеме эффекта Ребиндера вызывает увеличение расклинивающих сил  $F_1, F_2$ .

Таким образом, при разработке технологии применения ремонтно-восстановительных составов следует учитывать и параметры вязкости смазки в восстанавливаемом узле.



**Рис. 4. Процесс восстановления (защиты) поверхности трения:**

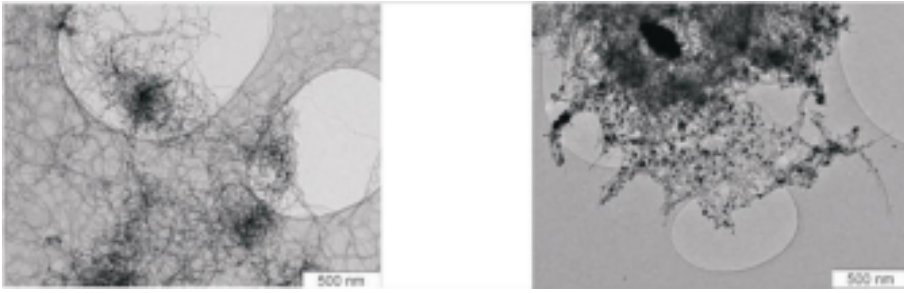
1 – тело детали; 2 – полярная молекула, частица продукта износа;  
3 – микротрещина; 4 – слой, образованный ПВС

ремонтно-восстановительного состава возможно на любой стадии жизненного цикла механизма [16, 22].

Визуально процесс восстановления (защиты) можно представить, как показано на рис. 4.

Однако остается проблема силы трения. Для минимизации последствий воздействия этой силы, следует увеличить площадь, которая «закрывает» условную трещину. Такого эффекта можно достигнуть, «связав» компоненты ремонтно-восстановительного состава, что показано на рис. 4 (поз. 4).

Связать компоненты ремонтно-восстановительного состава можно, например, с помощью многослойных углеродных нанотрубок, насытив их частицами металла различного размера. Процесс показан на рис. 5. Таким образом, применение ремонтно-восстановительного состава возможно на любой стадии жизненного цикла механизма [16, 22].



**Рис. 5. Пример насыщения многослойных углеродных нанотрубок**

Предложенная гипотеза о механизме действия ремонтно-восстановительного состава работоспособна, так как действует и на микро- и на макроуровнях.

#### **Литература**

1. Дунаев А.В. Гипотезы механизма действия ремонтно-восстановительных серпентиновых трибопрепаратов / А.В. Дунаев, В.В. Зуев, Д.В. Васильков // Нанотехника. – М., 2012. – № 4 (32). – С. 58 – 63.
2. Ломухин В.Б. Теоретические основы применения ремонтно-восстановительных составов для двигателей / В.Б. Ломухин // Сибирский вестник сельскохозяйственных наук. – 2008. – № 11. – С. 45-48.

#### **References**

1. Dunaev A.V. Hypotheses on the mechanism of action of repair and reconstruction serpentine tribopreparations/ A.V. Dunaev, V.V. Zuev, D.V. Vasilkov// Nanotekhnika. – Moscow:2012. –Issue 4 (32). – pp 58-63.
2. Lomukhin V.B. Theoretical foundations for the use of repair and reconstruction compounds for engines. / V.B. Lomukhin // Siberian Bulletin of Agricultural Sciences. -2008. – Issue 11. – pp 45 – 48.

## **ON THE MECHANISM OF ACTION OF THE REPAIR AND RECONSTRUCTION SOLUTION IN THE FRICTION JOINTS OF MACHINES AND MECHANISMS**

**V.B. Lomukhin, Candidate of Technical Sciences, Novosibirsk State Architectural and Building University**

**R.Yu. Solovyev, Candidate of Technical Sciences, FSBSI GOSNITI**

**S.N. Sharifullin, Doctor of Technical Sciences, Kazan Federal University**

**Annotation.** The current paper shows that adsorption processes play a part in the formation of a protective coating on the surfaces of friction joints of machines and mechanisms.

**Keywords:** repair and reconstruction solutions, modification, friction joints, Rebinder effect, tribofilm.