

Теоретическое обоснование восстановления трущихся сопряженных деталей машин в процессе эксплуатации

В статье дано теоретическое обоснование повышения долговечности трущихся сопряженных деталей машин в процессе постоянной эксплуатации.

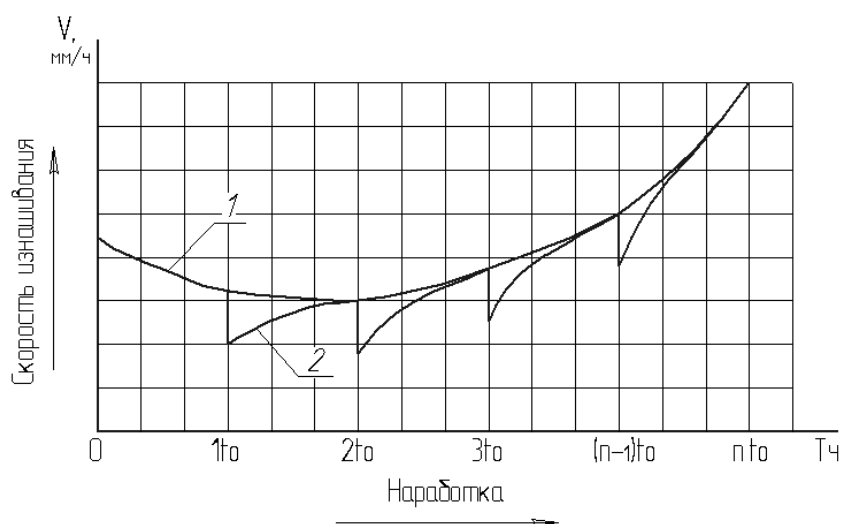
Полученные уравнения позволяют установить ресурс и скорость износа сопряжений за счет периодического нанесения на рабочие поверхности деталей металлоплакирующих пленок.

скорость изнашивания, износ деталей, технологическая среда (ТС), наработка, периодичность обработки

Одним из прогрессивных методов повышения надежности и долговечности агрегатов машин является частичное восстановление изношенных поверхностей трения деталей в процессе постоянной эксплуатации. Это достигается за счет периодического нанесения на рабочие поверхности деталей металла, содержащегося в технологической среде.

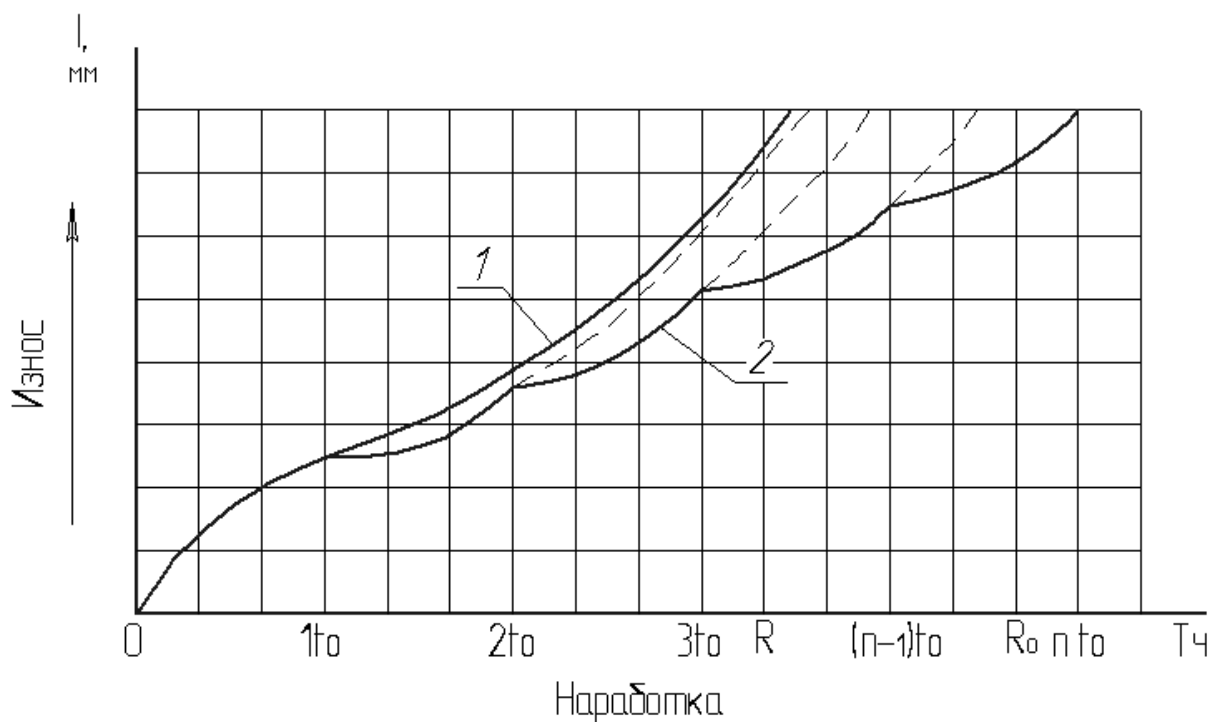
Известные в настоящее время ремонтно-восстановительные технологические среды по компонентному составу, физико-химическим процессам их взаимодействия с трущимися поверхностями, свойствам получаемых покрытий можно разделить на три основные группы: металлоплакирующие среды, полимерсодержащие вещества, геомодификаторы.

Общая закономерность изменения скорости изнашивания сопряжений и величины износа деталей в функции наработки существенно отличаются после обработки технологической средой от аналогичных зависимостей без периодической обработки (рис. 1,2).



1 – без обработки; 2 – с обработкой ТС; t_0 – периодичность обработки

Рисунок 1-Влияние периодичности обработки сопряжений технологической средой на скорость изнашивания деталей



1 – без обработки; 2 – с обработкой ТС; t_0 – периодичность обработки

Рисунок 2-Влияние периодичности обработки сопряжений технологической средой на износ и ресурс деталей

В общем случае закономерность изменения скорости изнашивания сопряжения после разового применения технологической среды в функции наработки можно представить в виде:

$$V_0(t) = V(t) - V_1(t), \quad (1)$$

где $V(t)$ – функция скорости изнашивания без периодической обработки;

$V_1(t)$ – функция изменения скорости изнашивания после применения технологической среды относительно первоначальной скорости.

В качестве функции, характеризующей изменение скорости изнашивание сопряжения после применения технологической среды относительно скорости изнашивания сопряжения до обработки можно использовать показательную функцию вида:

$$V_1(t) = a \cdot e^{-at}, \quad (2)$$

где a – параметр, характеризующий ступенчатое изменение скорости изнашивания после применение технологической среды:

$$a = V_n - V_0, \quad (3)$$

где V_n , V_0 – скорость изнашивания после применения технологической среды в момент времени до и после обработки;

ν – параметр, характеризующий длительность сохранения нанесенного покрытия;

t – время.

Тогда:

$$V_0(t) = V(t) - a \cdot e^{-at}, \quad (4)$$

где a – величина износа в функции наработки:

$$U_o(t) = \int_0^{\infty} V_o(t) \cdot \alpha \cdot t = \int_0^{\infty} V(t) - \frac{V_n \cdot \varepsilon}{b} + \frac{V_n \cdot \varepsilon}{b} \cdot e^{-bt}, \quad (5)$$

где $\varepsilon = \frac{V_o}{V_n}$ - коэффициент, характеризующий изменение скорости изнашивания после применения технологической среды.

Подставляя в уравнение (4) соответствующее выражение параметра a и используя в качестве функции изменения износа по мере наработки степенную функцию, после преобразования получим уравнение:

$$U_o(t) = V_n \left[t^\alpha + \frac{\varepsilon}{b} (e^{-bt} - 1) \right], \quad (6)$$

где α - показатель степенной функции.

Принимая во внимание, что под ресурсом сопряжения понимается его наработка до достижения предельного износа, можно записать:

$$U_{np} = V_n \left[R^\alpha + \frac{\varepsilon}{b} (e^{-bR} - 1) \right]. \quad (7)$$

Таким образом, ресурс сопряжения после применения технологической среды можно определить, решая уравнение (7) относительно R .

Поскольку решение уравнения (7) в явном виде не имеется, то для определения параметра R используются численные методы решения. Анализ параметров, входящих в уравнение (7) производится на ЭВМ методом статистического моделирования входящих в него параметров и решения методом последовательных приближений. В связи с тем, что долговечность сопряжений зависит от числа их обработок технологической средой за период эксплуатации узла до достижения сопряжением предельного износа, решение задачи проводилось по оптимальной периодичности обработки технологической средой. Задача оптимизации периодичности обработки сопряжений решалась следующим образом. Абсолютные значения величины, на которую изменяется скорость изнашивания сопряжения после обработки могут быть определены из следующего выражения:

$$\Delta V = V_n (1 - \varepsilon), \quad (8)$$

тогда изменение абсолютного значения в функции наработки будет представлено в виде:

$$\Delta V(t) = V_n (1 - \varepsilon) \cdot e^{-bt}, \quad (9)$$

или относительно начального значения скорости:

$$\delta = \frac{V_n (1 - \varepsilon) \cdot e^{-bt}}{V_n} = (1 - \varepsilon) \cdot e^{-bt}. \quad (10)$$

Очевидно, оптимальной будет такая периодичность обработки, при которой последующая обработка будет производиться сразу же, как только скорость изнашивания достигнет начального значения тогда, решая уравнение (9) относительно t получим:

$$t_{oom} = -\frac{1}{b} \ln\left(\frac{\delta}{1 - \varepsilon}\right). \quad (11)$$

Анализ результатов исследований показывает, что периодичность обработки сопряжений деталей технологическими средами зависит в основном от триботехнических свойств металлоплакирующих покрытий, а именно их износостойкости, длительности сохранения на функциональных поверхностях деталей.

Список літератури

1. Балабанов В.И., Ищенко С.А., Беклемышев В.И. Триботехнология в техническом сервисе машин.- Москва: Изумруд, 2005. - 177с.
2. Балабанов В.И., Беклемышев В.И., Махонин И.И., Трение, износ, смазка и самоорганизация в машинах. - М: Изумруд, 2004. - 189с.

В статті дано теоретичне обґрунтування підвищення довговічності трущихся спряжених деталей машин, в процесі постійної експлуатації.

Отримані рівняння дозволяють встановити ресурс і швидкість зносу спряжень за рахунок періодичного нанесення на робочі поверхні деталей металоплакуючих плівок.

In the article the theoretical ground of increase of longevity of the ground interfacing details of machines is given in the process of permanent exploitation.

The got equalizations allow to set a resource and speed of wear of interfaces due to the periodic causing on the workings surfaces of details of metal-placing tapes.