

Vol. 16, No 2

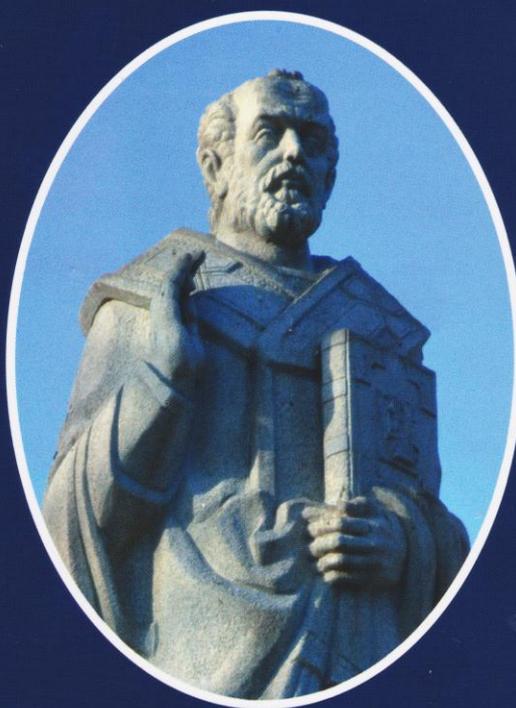
2014

ISSN 1730-8658

MOTROL

COMMISSION OF MOTORIZATION AND ENERGETICS
IN AGRICULTURE

AN INTERNATIONAL JOURNAL
ON OPERATION OF FARM AND AGRI-FOOD INDUSTRY MACHINERY



LUBLIN – RZESZÓW

Editor-in-Chief: Eugeniusz Krasowski
Assistant Editor: Jerzy Grudziński

Associate Editors

1. Agricultural machinery: *Valeriy Dubrovin*, Kiev, *Mariusz Szymanek*, Lublin
2. Machinery of agri-food industry: *Leszek Mościcki*, Lublin
3. Energetics: *Iliia Nikolenko*, Simferopol, *Janusz Wojdalski*, Warszawa
4. Land management, urban planning, architecture and geodesy: *Karol Noga*, Kraków, *Roman Kadaj*, Rzeszów, *Michał Proksa*, Rzeszów, *Lech Lichołaj*, Rzeszów
5. Mathematical, statistics: *Andrzej Komacki*, Lublin, *Rostisław Bun*, Lviv

Editorial Board

Dariusz Andrejko, Lublin, Poland	Janusz Mysłowski, Szczecin, Poland
Andrzej Baliński, Kraków, Poland	Ignacy Niedziółka, Lublin, Poland
Volodymyr Bulgakow, Kiev, Ukraine	Paweł Nosko, Lugansk, Ukraine
Zbigniew Burski, Lublin, Poland	Gennadij Oborski, Odessa, Ukraine
Karol Cupiał, Częstochowa, Poland	Yurij Osenin, Lugansk, Ukraine
Aleksander Dashchenko, Odessa, Ukraine	Vjacheslav Shebanin, Mykolayiv, Ukraine
Kazimierz Dreszer, Lublin, Poland	Józef Sawa, Lublin, Poland
Valeriy Dyadychev, Lugansk, Ukraine	Iwan Rohowski, Kiev, Ukraine
Dariusz Dziki, Lublin, Poland	Sergiy Pastushenko, Mykolayiv, Ukraine
Stepan Epoyan, Kharkiv, Ukraine	Povilas A. Sirvydas, Kaunas, Lithuania
Sergiy Fedorkin, Simferopol, Ukraine	Włodomyr Snitynskiy, Lviv, Ukraine
Jan Gliński, Lublin, Poland	Jerzy Sobczak, Kraków, Poland
Dimitrij Goncharenko, Kharkiv, Ukraine	Stanisław Sosnowski, Rzeszów, Poland
Aleksandr Holubenko, Lugansk, Ukraine	Ludvikas Spokas, Kaunas, Lithuania
L.P.B.M. Jonssen, Groningen, Holland	Jarosław Stryczek, Wrocław, Poland
Stepan Kovalyshyn, Lviv, Ukraine	Aleksander Sydorчук, Kiev, Ukraine
Józef Kowalczyk, Lublin, Poland	Wojciech Tanaś, Lublin, Poland
Elżbieta Kusińska, Lublin, Poland	Viktor Tarasenko, Simferopol, Ukraine
Andrzej Kusz, Lublin, Poland	Giorgiy F. Tayanowski, Minsk, Belarus
Janusz Laskowski, Lublin, Poland	Leonid Tishchenko, Kharkiv, Ukraine
Nikołaj Lubomirski, Simferopol, Ukraine	Henryk Tylicki, Bydgoszcz, Poland
Kazimierz Lejda, Rzeszów, Poland	Denis Viesturs, Ulbrok, Latvia
Dmytro Melnychuk, Kiev, Ukraine	Dmytro Voytiuk, Kiev, Ukraine
Jerzy Merkis, Poznań, Poland	Anatolij Yakovenko, Odessa, Ukraine
Ryszard Michalski, Olsztyn, Poland	Oleg Zaitsev, Simferopol, Ukraine
Aleksander Morozov, Simferopol, Ukraine	Tadeusz Złoto, Częstochowa, Poland
	Marian Panasiewicz, Lublin, Poland

All the scientific articles positive evaluations by independent reviewers

Lingusitic consultant: Larisa Vakhonina, Oleg Plakhtyr

Typeset: Hanna Krasowska-Kołodziej, Natalia Stepanowa

Cover design: Hanna Krasowska-Kołodziej

Photo on the cover: Konstantin Dumenko

Editorial Office address: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture

Wielkopolska Str. 62, 20-725 Lublin, Poland

e-mail: eugeniusz.krasowski@up.lublin.pl

ISSN 1730-8658

© Copyright by Polish Academy of Sciences 2014

© Copyright by University of Engineering and Economics in Rzeszów 2014

In co-operation with Mykolayiv National Agrarian University 2014

Edition 200 + 16 egz.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТРИБОИЗНАШИВАНИЯ ПАРЫ ТРЕНИЯ «КАНАТНЫЙ БЛОК - КАНАТ» ПРИ КАЧЕНИИ С УЧЕТОМ ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ ПОСЛЕ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ

Борис Бутаков*, Дмитрий Марченко**

**Николаевский политехнический институт*

***Николаевский национальный аграрный университет*

Boris Butakov*, Dmitry Marchenko**

**Nicholas Polytechnic Institute*

***Nicholas National Agrarian University*

Аннотация. В статье предложена методика исследований физического моделирования износа на трибометре TRB - S - DE и машине трения МИ - 1М при поперечном проскальзывании. Приведены результаты исследований при моделировании процессов износа трибоспряжения при качении с учетом проскальзывания до и после обкатывания роликами и установлены закономерности влияния процессов обкатывания роликами на триботехнические характеристики пары трения. Предложена технология обкатывания канатных блоков клиновым роликом с целью уменьшения проскальзывания каната и его износа.

Ключевые слова: износ, проскальзывание, пара трения, трибоспряжение, канатный блок, канат.

ВСТУПЛЕНИЕ

При контактом взаимодействии тел на состояние поверхностей трения влияют многие факторы, которые следует учитывать при оценке параметров трибосистемы с целью выявления процессов и механизмов износа. Основными факторами из них являются: физико-механические свойства материалов и их взаимодействие (твердость, структура, давление и др.), геометрические свойства контакта поверхностей трения (отклонение от формы, шероховатость, определяющие скорость скольжения, фрикционное поведение пары трения и др.), а также окружающую среду поверхностей трения (температура, влажность, наличие смазки и др.). Поэтому, установление закономерностей износа в процессе качения с учетом проскальзывания является актуальной задачей по повышению долговечности триботехнических

характеристик контактирующих поверхностей, таких как пара трения «канатный блок - канат».

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

При работе пары трения «канатный блок-канат» вследствие сдвигания и торможения возникает продольное проскальзывание, которое в несколько раз превышает поперечное проскальзывание.

Для определения скорости изнашивания при проскальзывании был усовершенствован способ определения скорости изнашивания при переменной площади контакта и соответственно при контактном давлении изменяющейся - так называемый метод лунок. В этом методе изменение площади трибоконтакта достигается за счет образования лунки износа вращающимся диском или цилиндром на поверхности образца. Метод лунок используется в машинах Шпинделя, Конвисарова, Шкоды - Савина стандартах ASTM G77 -91, G83 -90 и др. Обычно при испытании этим методом оценка износостойкости выполняется по объему, площади или длине хорды лунок износа, полученной за определенное время. Это не давало возможности сравнивать износостойкость материалов, измеряемую на машинах с различными размерами диска и формой образца.

В процессе роста лунки увеличивается площадь трения и снижается скорость износа. Поставив в соответствие мгновенные контактные давления и мгновенные скорости износа, получим кривую зависимости скорости износа от давления [1].

Для измерения глубины лунки необходимо высокоточное дорогостоящее оборудование, автоматически учитывающее возмущения, внесенные нагревом, битьем,

изменением шероховатости, износом диска. Для измерения длины лунки во многих случаях достаточна точность 0,1 мм, поэтому такие испытания могут быть проведены практически на любой машине трения. Для расчета скорости износа и построения графиков зависимости скорости износа от давления по исходной зависимости длины лунки от пути трения или числа оборотов была составлена методика исследований.

Для испытаний с целью определения триботехнических характеристик использовали трибометр TRB - S - DE (рис. 1), с помощью которого измеряли такие параметры, как коэффициент трения с точностью (0,01), силу трения, профилограммы следа трения, а также проводили непрерывное измерение глубины износа (профиля следа) в режиме сухого трения и в присутствии смазочных материалов с автоматическим расчетом скорости износа рабочего элемента трибометра и образца трибосопряжения «диск-сфера».



Рис. 1. Внешний вид трибометра TRB - S - DE

Fig. 1. Tribometer conjunction TRB - S - DE

Степень износа образцов (рис. 2, а) рассчитывался с помощью программного обеспечения трибометра, исходя из объема материала, потерянного при проведении исследований с графическим отображением результатов (рис. 2, б).

Особенность данного прибора заключается в том, что штифт, сфера или плоская поверхность рабочего элемента трибометра прикладывается к поверхности исследуемого образца с необходимой нагрузкой и углом и во время испытаний

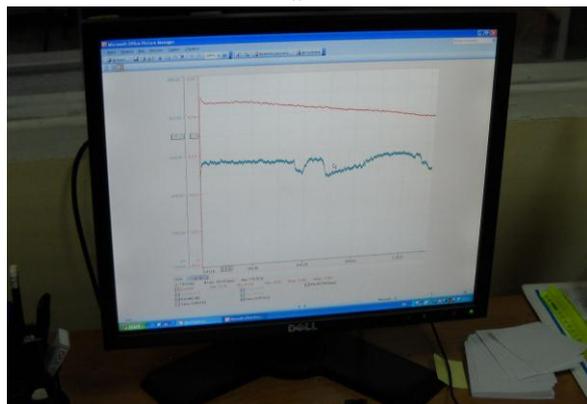
определяется коэффициент трения за счет прогиба упругого рычага трибометра, причем величина усилия очень точно измерена. Вертикальное перемещение рычага трибометра TRB - S - DE, контролируемой специальным чувствительным датчиком, при проведении испытаний непосредственно связано с глубиной износа места контакта. Кроме того, контроль таких параметров испытаний, как скорость качения и скольжения, частота, контактное нажатие (контактные напряжения по Герцу), а также параметров времени и окружающей среды (температуры, влажности и наличие или отсутствие смазки) позволяют моделировать реальные условия работы с наработкой информации по износу материала в реальном масштабе времени. Испытания проводятся в соответствии с требованиями DIN 50324, ASTM G99 «Standard Test Method for wear Testing with a Pin - on - Disk Apparatus», а также стандарты ASTM G 133, ASTM D 3702, ASTM D 5183, ASTM D 4172 и ASTM D 2266.

Испытания с постоянным моментом трения имеют в этом некоторое преимущество перед испытаниями с постоянным проскальзыванием: во-первых, при испытаниях с постоянным моментом изменение диаметра образцов мало отражается на проскальзывании, во-вторых, падение коэффициента трения в них при изменении внешних условий автоматически компенсируется увеличением проскальзывания и обеспечивает более стабильную величину скорости износа, чем при испытаниях, в которых поддерживается постоянным проскальзыванием: увеличение влажности или загрязнения воздуха в последнем случае вызывает снижение коэффициента трения и соответственно скорости износа [2].

Для испытания образцов при качении с проскальзыванием были проведены на машине трения МИ - 1М верхний вал которой имел возможность поворачиваться, и был повернут вокруг вертикальной оси на угол 5°, что обеспечило поперечное проскальзывание около 10 %, которое прослеживается в паре трения «канатный блок - канат». Для измерения весового износа образцов использовались весы ВЛР - 200.



а



б

Рис. 2. Внешний вид образцов для испытаний (а) и графическое отображения результатов исследований на трибометре TRB - S - DE (б)
 Fig. 2. Samples for tests (a) and graphical representation of the results of research on tribometer TRB – S – DE (b)

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

При работе пары трения «канатный блок - канат» вследствие сдвигания и торможения возникает продольное проскальзывание, которое в несколько раз превышает поперечное.

Контактно - усталостная повреждаемость материала при контактом взаимодействии в реальных трибосистемах могут не только не снижаться с увеличением сил трения и соответственно, эквивалентных напряжений, но может еще и увеличиваться. Повреждаемость при контактной усталости зависит в большей степени не только от исходного напряженно-деформированного состояния контакта, и не усредненного напряженно- деформированного состояния, которое достигается к моменту зарождения трещины контактной усталости, а неоднородностью пластического деформирования, которое создается до

момента зарождения контактно-усталостных повреждений, т.е. неоднородностью поля остаточных напряжений, создаваемого в процессе контактной усталости до момента достижения предельного клеветы [3, 4].

Скорость вращения роликов не предоставляет влияния на результаты определения предела контактно-усталостной выносливости. При качении с продольным проскальзыванием опережающий и отстающий ролики имеют различную величину проскальзывания.

Так же играет большую роль механизм проскальзывания при внутреннем или внешнем качении, так как контактные давления в этом случае определяются по формуле Герца (при внутреннем качении), тогда может быть использован метод эквивалентной податливости. Также сложность составляет в кинематике качения с расходом равновесия в касательном направлении [5].

В процессе износа увеличивается размер лунки и растет площадь поверхности трения на верхнем неподвижном ролике, снижаются контактные давления и соответственно скорость износа. Коэффициент трения при переходе от заедания к пластическому сглаживанию микронеровностей, а затем к окислительному износу меняются очень незначительно, поэтому критические давления определялись по моменту резкого снижения скорости износа.

При испытании на машине трения МИ - 1М стальных образцов из сталей 20, 25Л, 35Л обкатанных роликами, поверхностная твердость HV 10 которых составляла 235...272, была определена зависимость износа от проскальзывания при различной нагрузке (рис. 3).

Установлено, что износ фактически не зависит от нагрузки, а зависит только от проскальзывания.

В случае качения с продольным проскальзыванием, равным 10 %, поверхности трения приобретают бурый окрас, характерный для окислительного износа. При поперечном проскальзывании поверхностный слой в результате бокового пластического течения непрерывно обновляется. При продольном проскальзывании участки поверхности и продукты износа, перемещаясь вдоль

окружности катания, многократно взаимодействуют, увеличивая роль коррозии в процессе износа. Скорость окислительного износа мало зависит от твердости стали, поэтому влияние твердости на результаты опытов при продольном проскальзывании нивелируется, что нужно учитывать при анализе результатов на машине трения МИ - 1М.

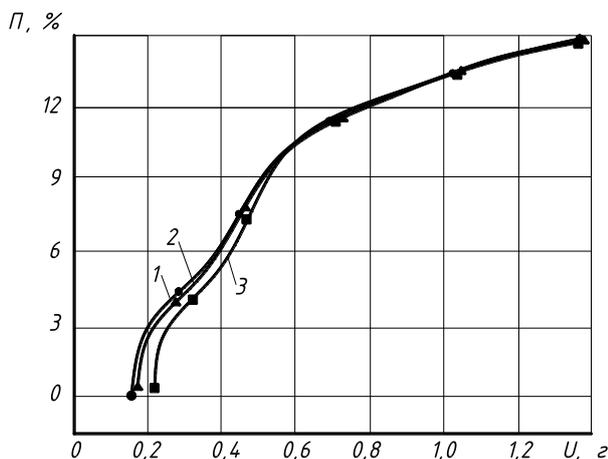


Рис. 3. Зависимость износа от проскальзывания при нагрузке:
1 – 350 Н; 2 – 500 Н; 3 – 650 Н

Fig. 3. Dependence of wear slip under load:
1 – 350 N 2 – N 500 3 – 650 N

Для этого определена зависимость скорости изнашивания от давления в контакте при моделировании проскальзывания до 10 % с помощью образцов из стали 35Л обкатанных роликом, поверхностная твердость HV 10 которого составляла 232 (рис. 4). Следовательно, можно утверждать, что при проскальзывании до 10 % скорость износа практически не зависит от давления или даже снижается при его повышении.

При изменении условий работы трибосистемы скорость изнашивания может изменяться скачком, при этом изменяется вид поверхности трения, размеры, цвет, химический состав продуктов трения, является результатом перехода от одного механизма износа к другому.

Граничные слои тел, или поверхностные пленки, при их контакте в процессе качения с проскальзыванием снижают коэффициент трения до 3 - 4 раз и тем самым скорость и интенсивность изнашивания. Поэтому, с помощью изменения коэффициента трения

возможно установить процесс стирания поверхностных пленок.

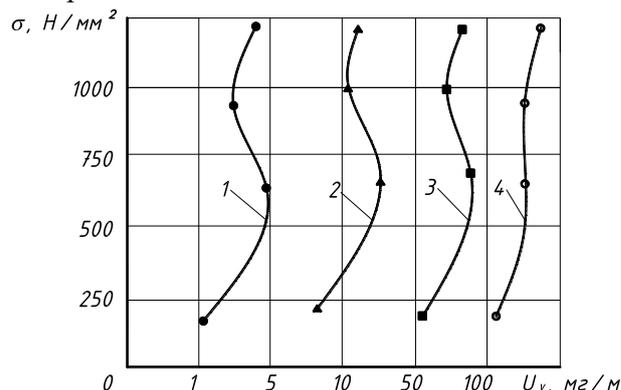


Рис. 4. Зависимость скорости изнашивания от давления в контакте образцов с стали 35Л обкатанных роликом при моделировании проскальзывания:

1 – 2,5 %; 2 – 5 %; 3 – 7,5 %; 4 – 10 %

Fig. 4. Dependence of speed of wear on the pressure in contact with the sample of run steel 35L rolled in the process of modeling slip:

1 – 2,5 %; 2 – 5 %; 3 – 7,5 %; 4 – 10 %

Исследование зависимости коэффициента трения от числа оборотов образцов из стали 34ХН1М проведено с моделированием проскальзывания до 10%, при нагрузке 600 Н. При этом подвергали испытанию образцы до обкатывания, поверхностная твердость HV 10 которого составляла 366, и после обкатывания роликом с усилием 12 кН, поверхностная твердость HV 10 - 405 (рис. 5). Смазка образцов происходила при помощи масла БОП - 1.

Проведенные эксперименты показали, что при количестве оборотов до начала резкого изменения коэффициента трения поверхностная пленка равномерно распределена, этим объясняется устойчивое значение коэффициента трения, значение которого составляет около 0,1. При достижении определенного количества оборотов для двух образцов без смазки ($0,9 \cdot 10^1$ об. - для не обкатанного образца и $50 \cdot 10^1$ об. - для образца обкатанного с помощью ролика) граничные слои тел начинают терять свои свойства, происходит многократная смена защитных свойств поверхностного слоя, из-за чего происходит резкое изменение коэффициента трения. Следует отметить, что для образца обкатанного с помощью ролика это

изменение происходит быстрее, то есть быстрее прирабатывается, после чего устанавливается постоянный коэффициент трения, поскольку происходит равновесие всех процессов (термических, физико-механических, химических), а на поверхности трения образуются измененные поверхностные слои, которые в дальнейшем определяют механизм износа. При этом коэффициент трения составляет примерно для двух образцов без смазки 0,45 ... 0,48 и с смазки 0,2 ... 0,21 и происходит вторичное образование поверхностной пленки с интенсивным выделением продуктов износа. Благодаря обкатыванию роликами, которое создает сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое, привело к уменьшенному отрыву частиц с поверхности, тем самым уменьшая износ [6, 7].

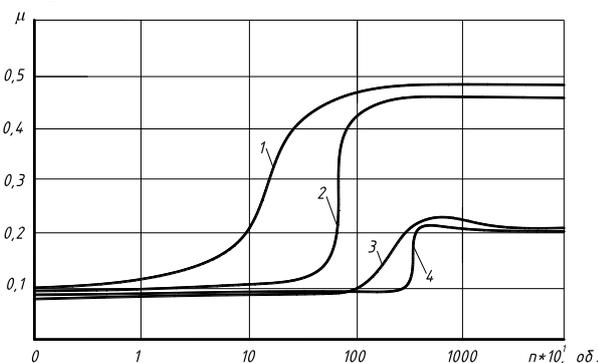


Рис. 5. Зависимость коэффициента трения от числа оборотов образцов из стали 34ХН1М с проскальзыванием до 10%:
1 - не обкатанный образец без смазки;
2 - образец обкатанный с помощью ролика без смазки; 3 - не обкатанный образец со смазкой; 4 - образец обкатанный с помощью ролика со смазкой

Fig. 5. Dependence of friction coefficient on the number of revolutions of samples of steel 34ХН1М from slipping to 10%:
1 – not run-sample without lubrication;
2 – sample run-through by roller without lubrication; 3 – not run-of lubrication;
4 – sample run-through by roller with

Такие же данные получены при испытании упрочненных обкатыванием образцов на машине ГЗИП по методу Шкода-Савина, а также при испытании обкатанных образцов из стали 45 вырезанных из вала, испытания которых проводилось на износ по Шпинделю.

Согласно этих экспериментов можно утверждать, что сжимающие остаточные напряжения, возникающие при накатывании тормозят процесс износа [8].

Зависимость коэффициента трения от величины проскальзывания проводилось на образцах до обкатывания и после обкатывания роликами при смазке поверхности трения и без смазки (рис. 6). В качестве смазки применяли ТОРСИОЛ - 55 (ГОСТ 20458 - 75), который применяется для смазки канатов, при скорости качения образцов 31,4 м/мин, выполненных из стали 35 Л.

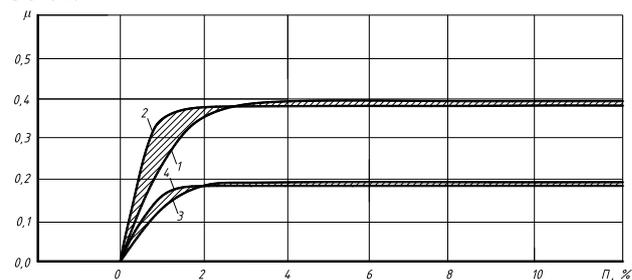


Рис. 6. Зависимость коэффициента трения от величины проскальзывания:

1 - не обкатанный образец без смазки;
2 - образец обкатанный с помощью ролика без смазки; 3 - не обкатанный образец со смазкой; 4 - образец обкатанный с помощью ролика со смазкой

Fig. 6. Dependence of friction coefficient on the size of the slip: 1 – no run-sample without lubrication; 2 – sample run-through with the roller without lubrication; 3 – not run-of sample with lubrication; 4 – sample run-through with a roller with lubrication

Как видно из графика, что при проскальзывании до 2 % прослеживается резкое изменение коэффициента трения, после чего он остается практически неизменным из-за распространения скольжения на всю площадь контакта. Очевидна связь величины максимального коэффициента трения от состояния поверхности трения, поскольку в процессе резкого изменения коэффициента трения для упрочненных и не упрочненных образцов со смазкой и без нее обнаружена зона (штрихованная линиями), когда приработка происходит быстрее для обкатанных образцов роликами (рис. 6), о чем можно утверждать, что шероховатость поверхности влияет только при малых проскальзываниях (до 3 %). Если проскальзывание будет

составлять не более 3 %, как наблюдается при работе пары трения «канатный блок - канат» при подаче его обкатыванию роликом, не будет существенным повреждением поверхности их контакта, так как коэффициент трения будет меньше, чем без обкатывания роликом.

Аналогичные результаты получены при испытании колесных пар [1]. Автором доказано, что увеличение проскальзывания приводит к повышению наклепа поверхностного слоя, происходит уменьшение шероховатости поверхности и коэффициента трения, что приводит к уменьшению смятия поверхности и таким образом износ поверхностей. В нашем случае, с помощью обкатывания роликом [9 - 11], этот эффект достигается быстрее, при этом создавая в поверхностном слое заданные триботехнические свойства с уменьшенными показателями износа [12 - 27].

Поэтому, на рис. 7 приведена зависимость коэффициента трения от шероховатости поверхности для образцов до обкатывания и после обкатывания роликом со смазкой ТОРСИОЛ - 55.

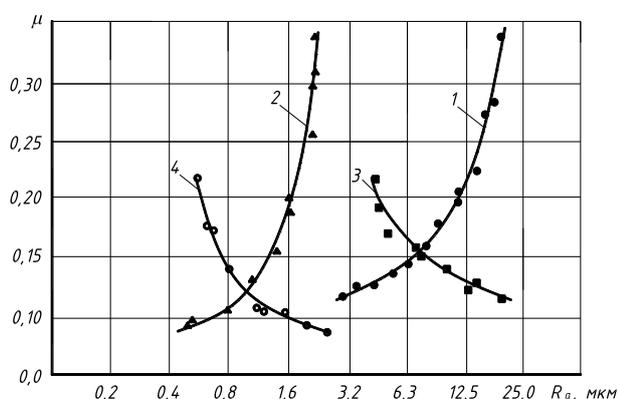


Рис. 7. Зависимость коэффициента трения от шероховатости поверхности:

- 1 - не обкатанный образец без смазки;
- 2 - образец обкатанный с помощью ролика без смазки;
- 3 - не обкатанный образец со смазкой;
- 4 - образец обкатанный с помощью ролика со смазкой

Fig. 7. Dependence of friction on surface roughness:

- 1 – no run-sample without lubrication;
- 2 – run-sample using a roller without lubrication;
- 3 – not like run-of lubrication;
- 4 – sample run-through for lubrication of roller

Из графика видно, что с уменьшением шероховатости поверхности уменьшается коэффициент трения для образцов, имеющих смазки.

ВЫВОДЫ

1. При контактировании поверхностей с проскальзыванием менее 5 % износ не зависит от твердости поверхностей, но при изменении твердости одной из поверхностей, следует учитывать повышенный износ другой поверхности. Шероховатость поверхностей трения влияет на коэффициент трения и скорость износа при качении с проскальзыванием, то есть с уменьшением шероховатости поверхности уменьшается коэффициент трения для поверхностей имеющих смазку.

2. При проскальзывании до 2 % прослеживается резкое изменение коэффициента трения, после чего он остается практически неизменным из-за распространения скольжения на всю площадь контакта.

3. При качении с проскальзыванием основными механизмами износа является окислительное и усталостное (смятие) износы. Деформация смятия увеличивается, при повышении проскальзывания, если касательные напряжения достаточно велики.

4. Для уменьшения износа и проскальзывания пары трения «канатный блок - канат» рекомендуется применять обкатывание клиновым роликом рабочих поверхностей.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Markov D. P. Tribologicheskie aspekty povyshenija iznosostojkosti i kontaktno-ustalostnoj vynoslivosti koles podvizhnogo sostava: dis. ... doktora tehn. nauk : 05.02.04 / Markov Dmitrij Petrovich. — М., 1996. — 386 s.
2. Bushe N. A. Sovmestimost' trushhihsja poverhnostej / N. A. Bushe, V. V. Kopyt'ko. — М. : Nauka, 1981. — 128 s.
3. Popov A. P. Kontaktnaja zadacha naprjazhenno-deformirovannogo sostojanija tel pri rabote stal'nogo kanatnogo bloka i trosy / A. P. Popov, B. I. Butakov, D. D. Marchenko // Problemi tribologii. — Hmel'nic'kij, 2011. — № 1. — S. 29—36.

4. Marchenko D. D. Kinsevo-elementne modeljuvannja kontaknoï vzaemodii pri roboti stal'nih kanatnogo bloku i kanatu / D. D. Marchenko // Problemi tribologii. — Hmel'nic'kij, 2013. — № 1. — S. 86—93.
5. Kuz'menko A. G. Zakonomernosti proskal'zyvanija pri vnutrennem i naruzhnom kachenii cilindrov. Jeksperiment (Chast' 1) / A. G. Kuz'menko // Problemi tribologii. — Hmel'nic'kij, 2012. — № 2. — S. 121—126.
6. Butakov B. I. Povyshenie kontaktnoj prochnosti stal'nyh detalej obkатыvaniem ih rolikami / B. I. Butakov, D. D. Marchenko // Suchasni problemi tribologii : mizhnar. nauk.-tehn. konf., 19-21 travnja 2010 r. : tezi dop. — K. : IVC ALKON NAN Ukraïni, 2010 — S. 74.
7. Butakov B. I. Razrabotka sposoba obkатыvanija rolikami stal'nyh detalej s cel'ju povyshenija ih kontaktnoj prochnosti / B. I. Butakov, D. D. Marchenko // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, 2008. — Vol. 10V. — R. 15—28.
8. Shkol'nik L. M. Tehnologija i prisposoblenija dlja uprochnenija i otdelki detalej nakatyvaniem / L. M. Shkol'nik, V. I. Shahov. — M. : Mashinostroenie, 1964. — 184 s.
9. Butakov B. I. Povyshenie kontaktnoj prochnosti stal'nyh detalej s pomoshh'ju poverhnostnogo plasticheskogo deformirovanija / B. I. Butakov, D. D. Marchenko // Problemi tribologii. — Hmel'nic'kij, 2008. — № 1. — S. 14—23.
10. Issledovanie sostojanija poverhnostnogo sloja valov obkatannyh rolikami / B. I. Butakov, D. D. Marchenko, V. A. Artjuh, A. V. Zubešina // Tehnologii uprochnenija nanesenija pokrytij i remonta: teorija i praktika : materialy 14-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 17 – 20 aprelja 2012 g. : tezis dokl. : v 2 ch. — Sankt – Peterburg, 2012. — Ch. 2. — S. 50—64.
11. Pat. 93252 Ukraïna, MPK V 24 V 39/04. Sposib chistovoï ta zmienjujuchoï obrobki poverhon' til obertannja skladnogo profilju i pristrij dlja jogo zdijsnennja / B. I. Butakov, V. S. Shebanin, G. S. Butakova, D. D. Marchenko ; zajavnik i patentovlasnik Mikolaïvs'kij derzhavnij agrarnij universitet. — № a200815098 ; zajavl. 29.12.2008 ; opubl. 12.07.2010, Bjul. № 13.
12. Issledovanie sostojanija poverhnostnogo sloja valov obkatannyh rolikami / B. I. Butakov, D. D. Marchenko, V. A. Artjuh, A. V. Zubešina // Tehnologii uprochnenija nanesenija pokrytij i remonta: teorija i praktika : materialy 14-j mezhdunar. nauch.-prakt. konf., 17 – 20 aprelja 2012 g. : tezis dokl. : v 2 ch. — Sankt – Peterburg, 2012. — Ch. 2. — S. 50—64.
13. Butakov B. I. Povyshenie kontaktnoj prochnosti stal'nyh detalej obkатыvaniem ih rolikami / B. I. Butakov, D. D. Marchenko // Suchasni problemi tribologii : mizhnar. nauk.-tehn. konf., 19-21 travnja 2010 r. : tezi dop. — K. : IVC ALKON NAN Ukraïni, 2010 — S. 74.
14. Butakov B. I. Vlijanie poverhnostnoj plasticheskoi deformacii na stepen' uprochnenija i diffuziju himicheskikh jelementov v poverhnostnom sloe / B. I. Butakov, D. D. Marchenko // Vestnik Har'kovskogo nacional'nogo avtomobil'no-dorozhnogo universiteta : sb. nauch. tr. — H. : Severovostochnyj nauchnyj centr. Transportnaja akademija Ukrainy, 2009. — Vyp. 46. — S. 17—21.
15. Parshev S. N. Mikrotverdost' materialov: Metodicheskie ukazanija k laboratornoj rabote / S. N. Parshev, N. Ju. Polozenko. — Volgograd : VolgGTU, 2004. — 15 s.
16. Rybakova L. M. Struktura i iznosostojkost' metalla / L. M. Rybakova, L. I. Kuksenova. — M. : Mashinostroenie, 1982. — 212 s.
17. Markovskij E. A. Nauchnye predposylki sozdanija novyh iznosostojkikh lityh materialov s vysokimi jekspluatacionnymi svojstvami / E. A. Markovskij // Progressivnye tehnologi lit'ja i kristallizacii splavov. — 1983. — S. 43—57.
18. Uprochnenie detalej s pomoshh'ju PPD s cel'ju povyshenija ih kontaktnoj prochnosti i iznosostojkosti / B. I. Butakov, S. I. Pastushenko, V. A. Artjuh, D. D. Marchenko // Visnik Poltavs'koï derzhavnoï agrarnoï akademii. Naukovovirobnichij fahovij zhurnal. — Poltava, 2006. — № 4. — S. 28—30.
19. Butakov B. I. Uovershenstvovanie processa chistovogo obkатыvanija detalej rolikami / B. I. Butakov // Vestnik mashinostroenija. — 1984. — № 7. — S. 50—53.

20. Braslavskij V. M. Tehnologija obkatki krupnyh detalej rolikami / V. M. Braslavskij. — M. : Mashinostroenie, 1966. — 159 s.

21. Hrushhev M. M. Jeksperimental'nye osnovy teorii abrazivnogo iznashivaniya / M. M. Hrushhev, M. A. Babichev // Vestnik mashinostroeniya. — 1964. — № 6. — S. 56—62.

22. Kashheev V. N. Abrazivnoe razrushenie tverdyh tel / V. N. Kashheev. — M. : Nauka, 1970. — 247 s.

23. Tenenbaum M. M. Iznosostojkost' konstrukcionnyh materialov i detalej mashin pri abrazivnom iznashivanii / M. M. Tenenbaum. — M. : Mashinostroenie, 1966. — 332 s.

24. Shkol'nik L. M. Tehnologija i prisposobleniya dlja uprochneniya i otdelki detalej nakatyvaniem / L. M. Shkol'nik, V. I. Shahov. — M. : Mashinostroenie, 1964. — 184 s.

25. Matalin A. A. Tehnologicheskie metody povysheniya dolgovechnosti detalej mashin / A. A. Matalin. — K. : Tehnika, 1971. — 144 s.

26. Popov A. P. Kontaktnaja prochnost' zubchatyh muft s prodol'no modifitsirovannymi zub'jami / A. Popov, O. Savenkov // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, 2011. — Tom 13A. — 167—176.

27. Shebanin V. Raschet verojatnosti otkazov konstruktivnogo jelementa sborno-razbornyh legkih metallicheskih konstrukcij / V. Shebanin, V. Bogza, S. Bogdanov // MOTROL. Commission of Motorization and Power Industry in Agriculture Polish Academy of Sciences Branch of Lublin Ropczyce School of Engineering and Management. — Lublin, 2012. — Vol. 14. — No2. — R. 139—141.

STUDY OF TRYBOZNOSHUVANNYA FRICTION PAIR «ROPE-BLOCK – ROPE» ROLLING IN TAKING INTO ACCOUNT AFTER BREAK-SLIP ROLLER

Abstract. This paper studies the technique of modeling physical wear on trybometri TRB – S – DE and friction machine MI – 1M transverse slip. The results of research in modeling the processes of wear in rolling trybospryazhennya incl slip before and after break-rollers and to elucidate the influence of processes run-rollers on Tribotechnical characteristics of the friction pair. The technology break- rope pulley block wedge to reduce slippage of the rope and its deterioration.

Keywords: wear, slip, a pair of friction trybospryazhennya, rope block rope.