

3. Дорощев А. Л. Индукционная структуроскопия. – М. : Энергия, 1973. – 117 с.

4. Дорощев А. Л., Садовников С. Н., Воскобойникова Л. С., Кадышкин Б. А., Трунина Е. В., Эльконина М. В. Использование метода вихревых токов для оценки механических напряжений и диагностики повреждений // Материалы Всесоюзной научно-технической конференции «Современные методы и средства контроля качества материалов и изделий без разрушения». – Минск : Наука и техника, 1971. – С. 6–14.

5. Зверев В. А., Крейсик Н. П., Крейсик Т. А., Мельникова В. М., Пушина Е. Д. Разработка магнитошумового структуроскопа для оценки физико-технического состояния поверхностного слоя ферромагнитных изделий // Эф-

фект Баркгаузена и его использование в технике. – Ижевске : ДНТП, 1977. – С. 148–150.

6. Колачевский Н. Н. Магнитные шумы. – М. : Наука, 1971. – 136 с.

7. Колачевский Н. Н. Экспериментальное исследование влияния упругих напряжений, термообработки и кристаллической структуры ферромагнитного образца на интенсивность магнитных шумов. – ФММ, 1961, 11, вып. 2. – С. 211–214.

8. Шиф И. М., Неизвестнов Б. М. Магнитный контроль упрочнения поверхностного пластически деформированного слоя стальных деталей // Дефектоскопия. – 1965. – № 6. – С. 27–35.

* * *

Yu. O. Mikhailov, DSc in Engineering, Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University
A. L. Maykov, Post-graduate, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Investigating the possibility of technical diagnosis of tools for rolling mills KPW-18, KPW-25 by Barkhausen effect method

The paper presents the analysis of possibility of early flaw diagnosis of tools for rolling mills KPW by method of magnetic noise (Barkhausen effect).

Keywords: cold tube rolling, rolling tool, Barkhausen effect.

Получено: 31.10.14

УДК 622.673.6:621.86.065.3 – 72

В. Н. Новиков

Ижевская государственная сельскохозяйственная академия

В. В. Тарасов, доктор технических наук, профессор

Е. А. Калентьев, кандидат технических наук

Институт механики УрО РАН

Ю. В. Пузанов, кандидат технических наук, доцент

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФРИКЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СТАЛЬНЫХ КАНАТОВ, РАБОТАЮЩИХ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

В статье описан способ определения фрикционных характеристик смазочных материалов для стальных канатов, работающих при низких температурах.

Ключевые слова: стальные канаты, смазочные материалы, низкая температура.

Основная функция канатного смазочного материала – снижение износа каната и канато-блочной системы. В настоящее время для смазывания стальных канатов используют специальные канатные смазки как отечественного производства: Канатная 39У, Торсиол-35Б, БОЗ-1, Торсиол-55, Ваерол, Ваерол-Э, КФ-10, Е-1, Е-9, Е-86, ЛЗ-Е-91 и др., так и импортного производства: Эласкон-20, Эласкон-30, LWKP, FK-160, FK-12, MLOG, Gripa-22, Germ Duros-10, SK-VR, SK-NZ/L, Rope Dressing-105, Molykote 165 BR, Mutilus A, Surret-350, Mobyл Arma и др.

Ко всем указанным смазочным материалам предъявляются высокие эксплуатационные требования [1, 2], среди которых: высокие вязущие свойства, способность оставаться на канте при проходе через блоки и хорошо смазывать канат, проникая в центр пряди, не впитывать влагу, растворяться в га-

золине при очистке каната, не содержать в своем составе кислых и щелочных составных частей и т. д.

Кроме того, канатный смазочный материал должен сохранять свои свойства, а также защищать канат от износа и при отрицательных температурах.

Основным недостатком любых смазочных материалов при использовании на холоде является то, что они становятся вязкими и не способны полностью защитить трущиеся поверхности. В первые минуты работы узлов трения при отрицательных температурах наблюдается их повышенный износ до момента, пока смазочный материал не разогреется и не достигнет требуемой вязкости.

Аналогичная ситуация происходит и при работе стальных канатов. Однако для смазывания стальных канатов в основном используют смазки, которые в неразогретом состоянии представляют собой однородные мази с температурой каплепадения 65–80 °С

и вязкостью 8,5 мм²/с при 100 °С [3]. Естественно, что такие смазки при отрицательных температурах становятся более вязкими и в первые минуты работы каната не способны в полном объеме выполнять свои функции по защите каната от износа.

Для достижения данной цели целесообразно использовать смазочные материалы, которые бы в процессе работы образовывали на поверхностях трения защитные пленки, обладающие аномально низким коэффициентом трения, способные защищать трущиеся поверхности от износа особенно на начальном этапе работы до момента, пока смазочный материал не достигнет нужной вязкости.

Подобные пленки способны создавать смазочные материалы, в которые добавлены природные минералы типа карельского шунгита и серпентинита, хорошо зарекомендовавшие при работе в разнообразных узлах и механизмах [4].

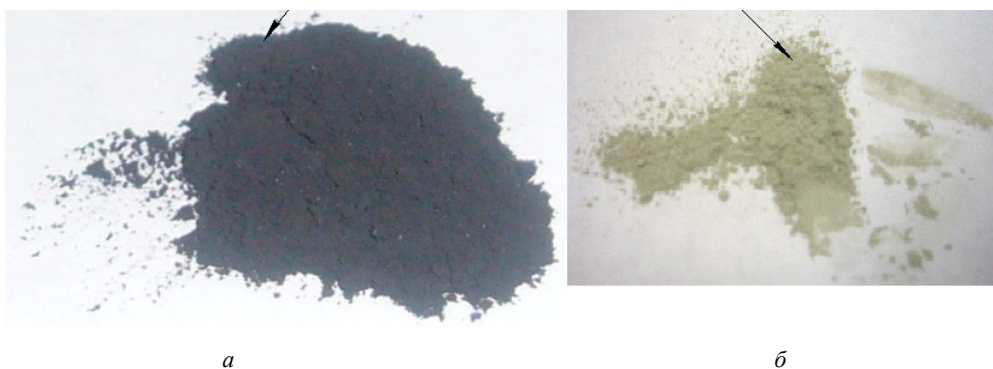


Рис. 1. Измельченные до 5 мкм частицы шунгита карельского (а) и серпентинита (б)

Для обеспечения равномерного распределения частиц шунгита и серпентинита в смазочном материале полученный порошок добавлялся и тщательно перемешивался в предварительно разогретом Торсиоле-55.

Оптимальная концентрация шунгита и серпентинита определялась в ходе предварительных экспериментов [6, 7]: Торсиол-55 – 90...90,1 %, шунгит – 3,3...4 %, серпентинит – 6...6,7 %. Это позволило добиться снижения коэффициента трения до 14 %, а износ до 34 % по сравнению со штатной канатной смазкой Торсиол-55.

Общеизвестным способом оценки различных смазочных материалов являются сравнительные испытания ряда выбранных смазок в идентичных условиях с фиксацией энергосиловых затрат при использовании известных критериев, например коэффициента или силы трения, величины износа трибосопряжения, характеристик стабильности процесса (наличия фрикционных колебаний, уровня температур в контактной зоне) и т. п. Одна из смазок в этом случае может быть использована в качестве условного эталона, по отношению к которому экспериментально определяется эффективность остальных смазочных материалов.

Однако такой подход затруднительно использовать для таких специфических объектов трения, как свитые изделия: канаты, кабели, различные синте-

С этой целью было разработано несколько опытных образцов канатных смазок, в состав которых входили такие компоненты, как [5] канатная смазка Торсиол-55 (базовая), карельский шунгит и серпентинит.

Для равномерного распределения шунгита и серпентинита в смазочном материале Торсиол-55 они измельчались на планетарной микромельнице «Пульверизетта 7» фирмы FRITSCH (Германия).

После измельчения полученный порошок просеивался в вибрационном грохоте «Анализетте 3» PRO с использованием микросита с размером отверстий 5 мкм.

Контрольные измерения просеянных порошков на лазерном грануломере «Analysette 22» Nano Tec. подтвердили, что размеры измельченных частиц шунгита и серпентинита не превышают 5 мкм (рис. 1).

тические тросы, скрученные пряди нитей и т. п. Сложность испытаний смазочных материалов в этом случае обусловлена тем, что процесс трения в зависимости от варианта их нагружения может быть сосредоточен не только или не столько на внешней поверхности объекта, а внутри него – в частности на поверхностях контакта между отдельными элементами изделия: нитями, проволоками, прядями и т. д.

Поэтому для оценки эффективности смазочных материалов при работе в условиях отрицательных температур применительно к канатам использовался способ крутильного маятника, который прежде был апробирован авторами при условиях нормальных температур [8], а также при ускоренных испытаниях каната на долговечность [9].

На рис. 2 изображена схема (а) и фотография устройства испытательной установки (б).

Установка содержит неподвижное основание 1, на котором закреплен контролируемый канат 2 с грузом (собственно крутильным маятником) 3, световым индикатором 4, визуализирующим поворот маятника на проградуированном экране 5.

По разработанной методике определены обобщенные коэффициенты трения канатов, обработанных штатной канатной смазкой Торсиол-55 или составом из Торсиола-55 с добавлением карельского шунгита и серпентинита в различных пропорциях.

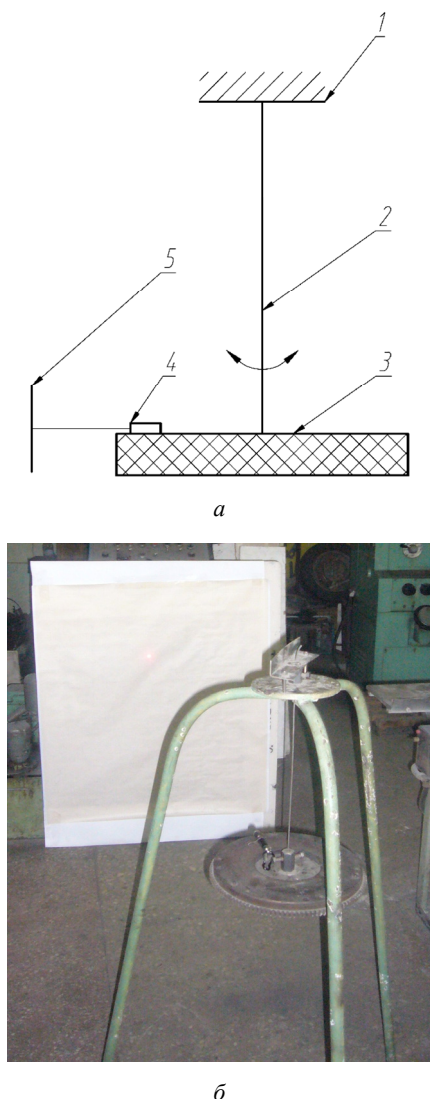


Рис. 2. Испытательная установка для оценки эффективности смазочных материалов на основе крутильного маятника

Оценка трения производилась через декремент затухающих колебаний [10]:

$$\vartheta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T, \quad (1)$$

где ϑ – логарифмический декремент затухания; $A(t)$ – амплитуда колебаний в момент времени t ; $A(t+T)$ – амплитуда колебаний в момент времени $t+T$; δ – коэффициент затухания; T – период колебаний.

Период колебаний определяется по формуле:

$$T = \frac{t}{n}, \quad (2)$$

где t – время колебаний, с; n – число колебаний за время t .

Коэффициент затухания при малых колебаниях определяется по формуле:

$$\delta = \frac{r}{2J}, \quad (3)$$

где J – момент инерции твердого тела (диска), $\text{кг} \cdot \text{м}^2$; r – обобщенный коэффициент трения.

Таким образом, с учетом (2) и (3) выражение (1) примет следующий вид:

$$\ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \frac{T \cdot r}{2J}.$$

Отсюда

$$r = \frac{\ln \frac{A(t)}{A(t+T)} \cdot 2 \cdot J}{T}. \quad (4)$$

Зависимость (4) может быть использована для определения обобщенного коэффициента трения между проволоками в стальном канате.

Для всех экспериментов число колебаний было 10 ($n = 10$). Масса диска равна 9 кг, радиус диска равен 0,135 м. Момент инерции для всех испытаний равен:

$$J = \frac{mR^2}{2} = \frac{9 \cdot 0,135^2}{2} = 0,082 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Диаметр каната – 3 мм.

Температура окружающей среды – минус 26 °С.

Все испытания трехкратно повторялись.

Усредненные результаты испытаний представлены в таблице.

По результатам испытаний видно, что качественные показатели в целом совпадают с ранее полученными нами результатами [11, 12], а предложенный способ может использоваться для сравнения фрикционных характеристик смазочных материалов для стальных канатов, работающих при отрицательных температурах.

Результаты сравнительных испытаний смазочных материалов при температуре (-26 °С)

Состав смазочного материала, %			$T, \text{с}$	$A(t), \text{мм}$	$A(t+T), \text{мм}$	$r \cdot 10^{-4}$
Горсиол-55	Шунгит	Серпентинит				
100	–	–	11,3	30	25	51,4
95	1,5	3,5	10,7	45	40	59,7
90	3,3	6,7	10,7	30	28	28
90,1	3,6	6,3	10,8	33	31	49,9
90	4	6	11,6	88	83	35,9

Помимо применения для сравнительной оценки эффективности смазочных материалов способ может быть успешно использован и для оценки происходящих изменений состояния фрикционного взаимодействия между элементами (проволоками, прядями) каната после различных внешних воздействий, в частности:

1) работы во влажной, коррозионной, запыленной атмосфере;

2) после критического или экстремального ударного (импульсного, знакопеременного, циклического), температурного (холод, высокие температуры) нагружения, сложных комбинированных воздействий, в том числе с наложением вибрации и т. п.

Учитывая доступность и простоту предложенного способа, он может также применяться на контрольных операциях или в межоперационных переходах в цикле технологического изготовления различных свитых изделий.

Во всех случаях способ может быть дополнительным информативным источником при рассмотрении триботехнических проблем, особенно в случаях, когда прямой теоретический подход не дает решения.

Библиографические ссылки

1. Стальные канаты : сборник научных трудов. – Одесса : АстроПринт, 1999.
2. Синицын В. В. Зарубежные пластичные (консистентные) смазки. – М. : Гостехиздат, 1963. – 136 с.
3. Стальные канаты : сборник научных трудов. – Одесса : АстроПринт, 1999.
4. Тарасов В. В., Постников В. А. Новые технологии ремонта оборудования и машин с использованием комплекса МУСК «СКАРН-1»// Ремонт, восстановление, модернизация. – 2004. – № 8. – С. 12–15.
5. Новиков В. Н., Тарасов В. В., Калентьев Е. А., Постников В. А. Повышение эффективности использования стальных канатов путем совершенствования состава смазочного материала // «Труды ГОСНИТИ» ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии. Т. 109, ч. 1. – М., 2012. – С. 98–101.
6. Там же.
7. Тарасов В. В., Новиков В. Н., Калентьев Е. А. Определение фрикционных характеристик смазочных материалов для стальных канатов // «Труды ГОСНИТИ» ГНУ ГОСНИТИ Россельхозакадемии, Т. 112, ч. 2. – М., 2013. – С. 111–114.
8. Там же.
9. Новиков В. Н., Тарасов В. В., Калентьев Е. А., Постников В. А. Указ. соч.
10. Яворский Б. М., Детлаф А. А. Справочник по физике. – М. : Наука, 1965. – 848 с.
11. Новиков В. Н., Тарасов В. В., Калентьев Е. А., Постников В. А. Указ. соч.
12. Тарасов В. В., Новиков В. Н., Калентьев Е. А. Указ. соч.

V. N. Novikov, Izhevsk State Agricultural Academy

V. V. Tarasov, DSc in Engineering, Professor, Institute of Mechanics, Ural Branch RAS, Izhevsk

E. A. Kalentyev, PhD in Engineering, Institute of Mechanics, Ural Branch RAS, Izhevsk

Yu. V. Puzanov, PhD in Engineering, Associate Professor, Kalashnikov Izhevsk State Technical University

Determination of friction characteristics of lubricants for steel wire ropes operating at low temperatures.

The paper describes a method for determining the frictional characteristics of lubricants for steel wire ropes operating at low temperatures.

Keywords: steel wire ropes, lubricants, low temperature.

Получено: 10.11.14

УДК 621.757

В. Г. Осетров, доктор технических наук, профессор

Е. С. Слащев, аспирант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

РАСЧЕТ ТОЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ МЕТОДА ГРУППОВОЙ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

В статье рассматривается расчет размерной цепи при групповой взаимозаменяемости для соединений с натягом. Выведены рекуррентные формулы для расчета верхних и нижних отклонений групповых допусков, на основе которых составляется программа ЭВМ.

Ключевые слова: метод групповой взаимозаменяемости, соединение с натягом, размерная цепь, рекуррентные формулы, сборка, верхнее и нижнее отклонение.

Анализ существующих работ и опыт применения метода групповой взаимозаменяемости на производстве выявил 2 класса типовых задач [1–3]. Первый класс характеризует соединения с зазором, второй класс – соединения с натягом. В данной работе рассматриваются типовые задачи для соединений с натягом при помощи рекуррентных формул. Для вывода рекуррентных формул для каждой типовой задачи промоделировано решение в форме графического расположения групповых полей допусков с указанием номеров групп сверху вниз и минимального натя-

га [4, 5]. При этом принимается равенство суммы допусков увеличивающих и уменьшающих составляющих звеньев, а также середин координат допусков замыкающего звена и составляющих звеньев. Первые две задачи моделируются при условии, что одно увеличивающее звено и несколько уменьшающих звеньев. Другие задачи моделируют множество звеньев во всех ветвях размерной цепи. Для автоматического решения задач выявлены следующие свойства расположения полей допусков: