

Увеличение эксплуатационного ресурса стальных канатов путем формирования твердосмазочных покрытий на поверхности каната в процессе его производства

Э.В.Марченко, Д.С. Апрышкин, А.Г.Исаев, В.П. Колганов, Ю.В. Марченко, И.В.Чередниченко

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону

Аннотация: В статье представлены материалы по изучению вопроса повышения эксплуатационного ресурса стальных канатов. Изучены методики смазывания стальных канатов, а также стойкостных характеристик применяемых смазок, при различных условиях эксплуатации. Проведено экспериментальное исследование влияния дисульфида молибдена на эксплуатационные характеристики стальных канатов. Предложена концепция полезной модели формирования поверхностного слоя твердосмазочного покрытия на основе дисульфида молибдена на стальные канаты в процессе их производства.

Ключевые слова: стальной канат, смазка канатов твердые смазочные материалы, вибрационное механохимическое твердое смазочное покрытие, дисульфид молибдена, полезная модель.

В современном машиностроении для выполнения технологических задач применяют машины и механизмы, где ответственным элементом конструкции служит стальной канат [1,2]. Стальным канатом называют сложное витое изделие, состоящее из проволок и прядей, которым заданы шаг, угол и направление свивки прядей. В процессе эксплуатации стальные канаты подвергаются силовым нагрузкам таким как: кручение, растяжение, изгибание. Проволоки прядей претерпевают квазистатические моменты нагружений, находясь в относительном перемещении друг от друга. При детальном изучении вопроса физико-механического состояния проволок прядей стального каната авторами было отмечено, что при недостатке

смазочных материалов в паре трения «прядь-прядь» происходит их совместное истирание, приводящее к порыву, следовательно, преждевременному выходу из строя стального каната [3,4].

Для решения поставленного вопроса авторами был проведен анализ смазочных материалов, применяемых в процессе производства стальных канатов [5-7]. Эксплуатационные смазки для стальных канатов должны обеспечивать малый коэффициент трения ходовых колес во избежание потерь тягового усилия. Для стальных канатов смазывание должно способствовать максимальному сцеплению каната с приводным шкивом. В отечественной практике используются смазки типа Торсиол-55, 265-5 [8].

Разработанные в последние годы специальные методы испытаний канатных смазок позволили установить, что применяемые в настоящее время смазки не отвечают всем предъявляемым к ним требованиям [9]. Практика эксплуатации стальных канатов показывает, что применяемые смазки сползают при температуре +45, +50°C, растрескиваются на морозе и не обеспечивают достаточной защиты стальных канатов от коррозии стальных канатов [10].

Для проведения сравнительных испытаний смазочных материалов в паре трения «прядь-прядь», а также технологии нанесения твердосмазочного покрытия на основе дисульфида молибдена авторами проведено экспериментальное исследование по коэффициенту трения для различных образцов стальных канатов (рис.1). Испытания проводились на машине трения типа СМТ-1.

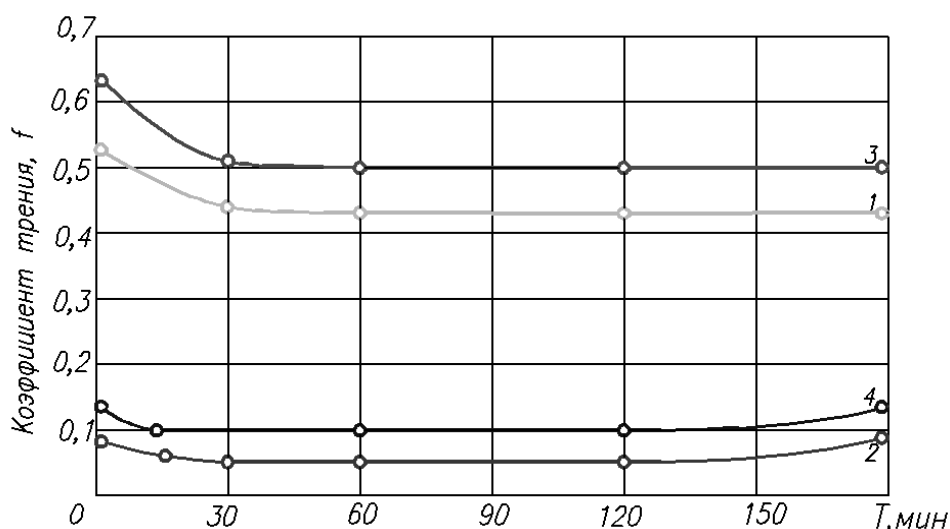


Рис.1.-Коэффициент трения проволок стального каната в системе «прядь-прядь»: 1. Углеродистая сталь по ГОСТ 1050 –смазочный материал Торсиол- 55, нанесенный кистью; 2. Углеродистая сталь по ГОСТ 1050- смазочный материал дисульфид молибдена (MoS_2), нанесенный виброударным методом; 3. Углеродистая сталь по ГОСТ 1050- смазочный материал Торсиол- 265-5, нанесенный разбрызгиванием; 4. Углеродистая сталь по ГОСТ 1050 – смазочный материал-дисульфид молибдена (MoS_2), нанесенный кистью.

Представленные результаты показывают, что применение в качестве смазочного материала стальных канатов дисульфид молибдена (MoS_2) уменьшает коэффициент трение 2-3 раза, что положительно сказывается на износостойкости проволок. При проведении испытаний на образцах, покрытых дисульфидом молибдена (MoS_2) износ при работе в течении 3-х часов практически не отмечен. Наличие слоев различных атомов в структуре дисульфида молибдена создает условия легкого скольжения их плоскости спайности. Известно, что пленка дисульфида молибдена (MoS_2) толщиной 1 мкм состоит из 1600 слоев с плоскостями скольжения между ними.

Большое влияние на антифрикционные свойства покрытия оказывает ориентация частиц. В процессе фиксации покрытия дисульфида молибдена виброударным деформированием обеспечивается ориентация частиц базовыми плоскостями параллельно плоскости скольжения и процесс приработки покрытия в этом случае практически отсутствует, коэффициент трения снижается.

Для реализации предложенного способа нанесения твердосмазочного покрытия на основе дисульфида молибдена на стальные канаты авторами предложена концепция полезной модели. Полезная модель относится к канатному производству и касается технологического оборудования для нанесения смазочных материалов на стальной канат. Задачей, на решение которой направлена предлагаемая полезная модель, является создание установки, позволяющей в процессе производства (свивки), наносить смазочные материалы на канат виброударным методом, который создает благоприятные условия проникновения смазочных материалов в межканатные полости и на канат в целом. Для решения поставленной задачи применяется новая методика смазывания каната. Отличие состоит в том, что устройство содержит канатовьющую машину и вибростанок, режимы работы которых позволяют работать синхронно и эффективно наносит смазочный слой на канат.

Технический результат достигается за счет того, что вибрационная обработка деталей- химико-механический процесс обработки поверхности рабочей средой (стальные шары). Особенностью данного способа является интенсивная пластическая деформация поверхности стального каната, исключая абразивное воздействие, восстановительной средой служит порошок дисульфида молибдена, препятствующий окислению свежесформированных поверхностей. Интенсивное ударное воздействие

стальных шаров на поверхность каната приводит к механическому удалению (отслаиванию) и измельчению продуктов коррозии. Одновременно с этим очищенная поверхность упрочняется и полируется за счет пластического деформирования микронеровностей. Порошок дисульфида молибдена введенный в состав рабочей среды, выполняет роль смазочного материала, проникая в макроструктуру стального каната, способствует снижению коэффициента трения стальных волокон в прядях каната, повышает коррозионную стойкость. Для осуществления процесса рекомендуется в качестве рабочей среды применять смесь стальных полированных шаров из стали ШХ15 \varnothing 2 - 9 мм (HRC 62) тонкодисперсный порошок дисульфида молибдена марки МВЧ-1.

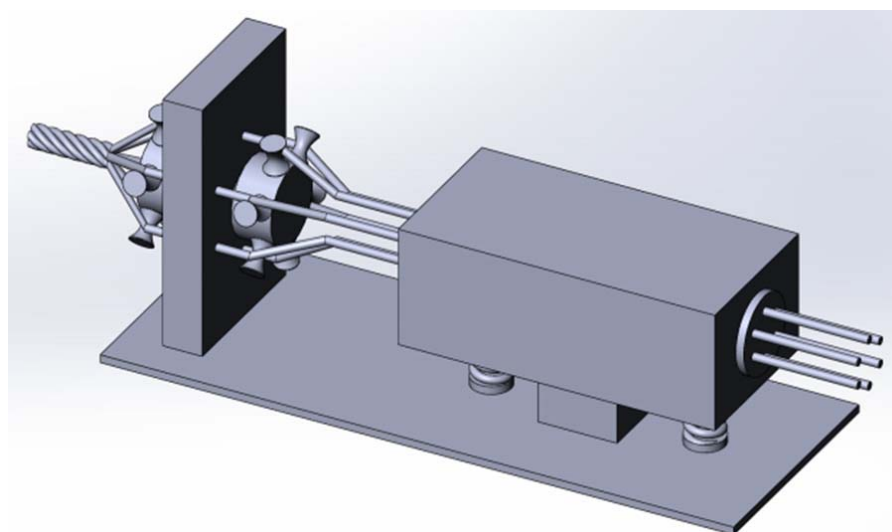
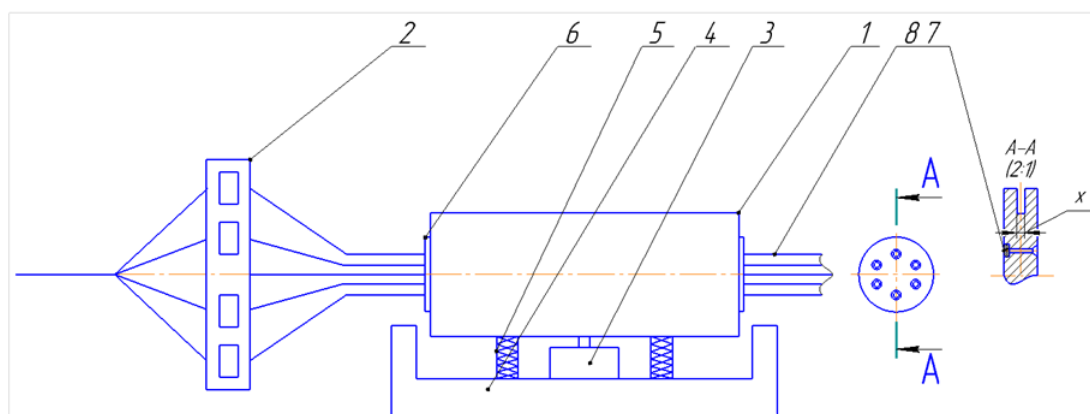


Рис.2. - Общая схема полезной модели

Полезная модель содержит рабочую камеру (прямоугольного типа) 1, жестко закрепленную с помощью пружин 5 на основании 4, приводимую в движение вибромотором 3. С торцов рабочей камеры установлены приемная и выходная крышки 6 (см. рис. 5).

Полезная модель работает следующим образом.

В рабочую камеру 1 засыпается рабочая среда, содержащая стальные шары различных диаметров и порошок дисульфида молибдена и включают установку на 1 час. В течение этого времени происходит тщательное перемешивание и измельчение порошка, в результате чего, все шары покрываются сплошным слоем смазки. Подготовленная таким образом рабочая среда может быть неоднократно использована. Периодически в рабочую камеру добавляют MoS₂, необходимое количество которого определяется расходом порошка, идущего на покрытие обрабатываемых деталей. После добавления порошка рабочую камеру также рекомендуется включать на 1 час без деталей для тщательного перемешивания добавленного порошка. Стальная проволока 8 пропускается сквозь рабочую камеру через приемную и входную крышки, и закрепляются на натяжных устройствах канатовьющей машины 2. Во избежание просыпания порошка из рабочей камеры 1, в приемной и выходной крышках 6 установлены резинометаллические манжеты 7. После включения вибромотора 3 рабочая среда перемещается, совершая два вида движений — колебание и медленное вращение всей массы. Стальные шарики движутся по концентричным окружностям вокруг оси контейнера (движение "перекатывания"), "Перекатывание" шаров по всей внутренней поверхности контейнера обеспечивает равномерную обработку поверхности. Обработанная проволока, проходя через вибрационный станок попадает в канатовьющую

машину 2, где происходит процесс свивки. Во избежание переплетения стальных проволок, во время работы вибростанка, применяются приемная и выходная крышки, которые поворачиваются (скользят) независимо от колебаний рабочей камеры. Длительность работы и АЧХ вибростанка выбираются в зависимости от режимов работы канатовьющей машины.

Полезная модель по нанесению смазочных покрытий на стальной канат позволяет совместить работу канатовьющей машины и вибрационного станка без конфликтов работы между ними. Толщина полученного вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия составляет 3-5 мкм. Смазывание каната начинается уже на этапе проволок, а способ нанесения позволяет упрочнять и повышать адгезионные свойства поверхности стального каната. При этом сокращается время обработки за счет непрерывности процесса и предварительном измельчении порошка. Внедрение данной методики позволит увеличить срок службы и надежность работы стального каната на 15%. а также увеличить производительность и экологичность производства на 10%.

Литература

1. Vladimir Ivanov, Marchenko Edward, Sergey Popov, Julianna Marchenko, Nikolai Dontsov, Sergey Timofeev. Thickness of vibrational mechanochemical solid-lubricant coating in friction pairs of transport engineering products // XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 403 (2019) doi:10.1088/1755-1315/403/1/012115
2. Скудина А.А., Попов С.И., Марченко Э.В. Марченко Ю.В., Исаев А.Г. /Применение логистических подходов к использованию канатных дорог на примере горного курорта «РОЗА ХУТОР»// Инженерный вестник Дона, 2019, №2 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5746
3. Сокол Н.А., Исаев А.Г./ Анализ теоретических циклов поршневых двигателей// Инженерный вестник Дона, 2018, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4746
4. Демченко Д.Б., Касьянов В.Е., Косенко Е.Е., Кобзев К.О./ Исследование связи твердости с пределом текучести для арматурных сталей// Инженерный вестник Дона, 2018, № 3 URL:ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5150
5. Tepliakova S.V., Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V./Analysis of requirements to ensure absolute reliability of machines// Physics and Mechanics of New Materials and their Applications (PHENMA 2016) Abstracts & Schedule. 2016. С. 267.
6. Беленький Д.М., Косенко Е.Е., Оганезов Л.Р./ Минимальные значения и рассеивание механических характеристик строительных сталей// Известия высших учебных заведений. Строительство. 2003. № 6 (534). С. 102-105.

7. Касьянов В.Е., Щулькин Л.П./ Определение максимальной нагруженности деталей с помощью моделирования// Научное обозрение. 2014. № 10-3. С. 671-674.

8. Касьянов В.Е., Роговенко Т.Н., Зайцева М.М./ Обеспечение заданного усталостного ресурса деталей машин с использованием малых выборок исходных данных// Вестник машиностроения. 2013. № 5. С. 10-15.

9. Сергиев А.П., Владимиров А.А., Макаров А.В., Швачкин Е.Г./ Особенности стружкообразования при чистовом вибрационном точении стали 12х18н10т// Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство материалы тринадцатой Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. 2016. С. 285-288.

10. Афонин А.Н., Ларин А.И., Макаров А.В./ Гетерогенное упрочнение деталей горно-металлургических машин поверхностным пластическим деформированием// Известия высших учебных заведений. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 11. С. 823-827.

References

1. Vladimir Ivanov, Marchenko Edward, Sergey Popov, Julianna Marchenko, Nikolai Dontsov, Sergey Timofeev. Thickness of vibrational mechanochemical solid-lubricant coating in friction pairs of transport engineering products. XII International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 403 (2019) doi: 10.1088 / 1755-1315 / 403/1/012115

2. Skudina A.A., Popov S.I., Marchenko E.V. Marchenko YU.V., Isaev A.G. Inzhenernyj vestnik Dona (RUS), 2019, №2 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2019/5746
3. Sokol N.A., Isaev A.G. Inzhenernyj vestnik Dona (RUS), 2018, №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/4746
4. Demchenko D.B., Kas'yanov V.E., Kosenko E.E. Inzhenernyj vestnik Dona (RUS), 2018, № 3 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2018/5150
5. Tepliakova S.V., Kosenko E.E., Kosenko V.V., Cherpakov A.V./Analysis of requirements to ensure absolute reliability of machines// Physics and Mechanics of New Materials and their Applications (PHENMA 2016) Abstracts & Schedule. 2016. C. 267.
6. Belen'kij D.M., Kosenko E.E., Oganezov L.R. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Stroitel'stvo. 2003. № 6 (534). S. 102-105.
7. Kas'yanov V.E., SHCHul'kin L.P. Nauchnoe obozrenie. 2014. № 10-3. S. 671-674.
8. Kas'yanov V.E., Rogovenko T.N., Zajceva M.M. Vestnik mashinostroeniya. 2013. № 5. S. 10-15.
9. Sergiev A.P., Vladimirov A.A., Makarov A.V., Shvachkin E.G. Sovremennye problemy gorno-metallurgicheskogo kompleksa. Nauka i proizvodstvo materialy trinadcatoj Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii s mezhdunarodnym uchastiem. 2016. S. 285-288.
10. Afonin A.N., Larin A.I., Makarov A.V. Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Chernaya metallurgiya. 2015. T. 58. № 11. S. 823-827.