

УДК 621.891: 622.67

ИЗУЧЕНИЕ ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТРЕНИЯ ПАР МЕТАЛЛ-ПОЛИМЕР

STUDY OF THERMOMECHANICAL PROPERTIES OF METAL-POLYMER FRICTION PAIRS

Юсубов Фикрет Фахраддин

аспирант,
Азербайджанский государственный
университет нефти и промышленности
fikratyusub@gmail.com

Аннотация. В этой работе рассматривались трибологические характеристики различных типов материалов, используемые в тормозной колодке буровой установки. Также были изучены механизмы термомеханического износа и трения в системе металл-полимерный.

Ключевые слова: буровая установка, тормозные колодки, полимеры, трение, износ, тепловой режим.

Yusubov Fikrat Fakhraddin

Graduate student,
Azerbaijan State Oil and Industry University
fikratyusub@gmail.com

Annotation. In this research tribological characteristics of different materials for drilling rigs brake pads has been investigated. The mechanisms of thermomechanical wear and friction in the metal-polymer system also studied.

Keywords: drilling rig, brake pads, polymers, friction, wear, thermal regime.

Анализ неисправности конструкций и установок нефтепромыслового оборудования показал что, большинство материальных узлов имеют изменения в рабочих характеристиках в результате их износа. Эксплуатационные свойства деталей машин в значительной степени зависят от состояния их поверхностей [1].

Было установлено, что в 85–90 % машин и оборудования вышедших из строя из-за износа поверхностей трения, а остальные 10–15 % происходит за счет процессов таких, как разрушение, разлом и т.д. [2]. Учитывая это, изучение процесса трения является важным для промышленности .

Современные буровые установки подвергаются износу и разрушению под воздействием высоких температур в процессе трения [3]. Колличество бурильных колон, используемых во время спуска и подъема способствует разрушению и износу оборудованию из-за резкого повышения температуры (рис. 1).



Рисунок 1 – Изменение температуры на поверхности трения в зависимости от количества бурильных колон [4]

Выделение тепла (образующееся) в процессе спуска и подъема, приводит к изнашиванию тормозной ленты и колодки. Производительность тормозной системы влияет на безопасность, эффективность, качество и все другие показатели качества [5].

Высокие показатели статического момента во время бурения приводит к перегреву тормозного диска. Благодаря выделению тепла, поверхность трения диска начинает нагреваться.

Тормозная колодка наиболее подвергается износу. Поскольку продуктивность буровой установки обычно оценивается по тормозной системе [6]. Любая незначительная неисправность тормозной системы замедляет процесс бурения в целом. По этой причине оценка замедления процесса бурения имеет особое значение с точки зрения поиска решений существующих недостатков.

В процессе бурения технические характеристики тормозной системы должны соответствовать максимальным требованиям для регулировки нагрузки и скорости бурения, в зависимости от короткой или долгосрочной подвески в процессе торможения. Данные технические требования являются основой работы тормозной системы [7].

Тормозная система используемая в бурильных установках имеет ряд недостатков. Хотя ранее коэффициент трения феррадоновой тормозной колодки составлял $\mu = 0,3-0,35$; позже данная характеристика была улучшена до $\mu = 0,4-0,5$. Этому способствовало использование тормозной колодки, полученной из азбеста особым методом. Таким образом тормозная работа была улучшена. Наиболее распространённым фрикционным материалом является Ретинакс Б (ФК-24А), который изготовлен на основе азбеста [8].

В основе материала ретинакс лежит олигомер фенолформальдегида, барит, азбест а также бронзовая проволока в качестве дополнения. Высокие показатели износо- и термостойкости во время трения гарантируют, что данный материал работает в условиях интенсивной работы в тяжелых условиях. Модифицированный «В» широко используется в буровых установках и различных фрикционных узлах, поскольку он способен работать при температурах до 700 °С.

В таблице 1, представлены изменения элементного состава произошедшие в результате износа материала Ретинакс (В). В дополнение к ядовитости ингредиентов для человеческого организма, высокотемпературные условия работы тормозной колодки, способствует к частым перегреваниям, что приводит к преждевременному повреждению материала, а также замедлению рабочего процесса и снижению производительности.

Таблица 1 – Состав элементов материала FK 24A до износа (a) и после износа (b)

a)

Элементы	Концентрация атомов	Весовая концентрация	Оксиды	Стехиометрическая концентрация
O	78,13 %	67,53 %		
Si	20,65 %	31,33 %	Si	96,51 %
Mg	0,51 %	0,68 %	Mg	2,08 %
C	0,70 %	0,46 %	C	1,41 %

b)

O	67,31 %	44,41 %		
Fe	8,66 %	19,93 %	Fe	35,09 %
Ba	1,82 %	10,32 %	BaO	20,28 %
Mg	9,91 %	9,93 %	Mg	17,49 %
Si	7,51 %	8,70 %	Si	15,32 %
Zn	1,06 %	2,85 %	Zn	5,03 %
S	2,03 %	2,68 %	S	4,73 %
Al	0,54 %	0,60 %	Al	1,07 %
C	1,15 %	0,57 %	C	1,00 %

Примечание: Анализы проводились на электронном микроскопе PhenomXL

Повышение удельного давления, температуры тормоза и заряда энергии требуют более высоких показателей износо- и термостойкости. Таким образом, при подготовке тормозной колодки и диска в процессе торможения, важнейшими условиями являются превосходная степень стойкости к трению, износу и температуре.

В последние годы в промышленности используются различные типы фрикционных материалов на основе новых технологий. В таблице 2 представлены некоторые данные по удельному весу и рабочей температуре (поверхности трения и объемной температуре – ТА и ТН) используемых в различных направлениях. Как видно из таблицы, наличие азбеста в составе, поднимает триботехнические показатели. Несмотря на разнообразие в составе, экспериментальным путем были изучены свойства многих известных элементных комбинаций. В нашем исследовании, с точки зрения состава, особое внимание уделялось поведению трения и износа фрикционных пар.

Таблица 2 – Триботехническая характеристика различных фрикционных материалов [9]

Параметры	6КХ-1	7КФ-31	Ретинакс ФК-16Л	Ретинакс ФК-24А	6КФ-32	6КФ-38
Коэффициент трения	0,4–0,6	0,36–0,34	0,37–0,4	0,33–0,38	0,4–0,45	0,38–0,42
износ в мм за 2 ч.	0,14–0,20	0,06–0,10	0,1–0,15	0,06–0,10	0,11–0,16	0,1–0,14

В настоящее время поверхностные покрытия успешно применяются в различных промышленных установках, но не широко распространены в системах с высоким трением. При изучении поведения трения и износа тормозного диска с тормозной колодкой на основе стали с предварительным нанесением Si, Mo, W, V и Nb, с целью улучшения свойств и стойкости к окислению, было выявлено, что высокое содержание углерода уменьшает уровень износа и металлический контакт пар. Кроме того, была определена стабильность коэффициента трения в этих материалах.

В течении испытаний было определено, что степень изнашивания поверхности тормозной колодки динамически зависима от способа формирования, отклеивания и восстановления.

В дополнение, образование трещин, протекание окислительных процессов и карбогенизации органических веществ при термическом воздействии, а так же реакции циклизации органических веществ ускоряет процесс износа тормозной колодки. А в течении процесса трения, образующиеся поры и трещины на поверхности контактных материалов, в конечном итоге приводит к усталому изнашиванию тормозной колодки [10].

В начале процесса износа, температура трения на верхней поверхности уменьшается. Износ поверхности между тормозным диском и тормозной колодкой является более абразивным. Твердые частицы области поверхности трения колодки приводит к образованию трещин на верхней поверхности тормозного диска. Твердые вершины поверхности трения тормозного диска также царапают тонкую поверхность колодки тормоза.

По мере увеличения температуры трения тормозной колодки поверхность становится хрупкой и расширяется; абразивное расширение становится интенсивным и абразивные частицы затрудняют перемешивание. Кроме того, относительная температура в центральной части фрикционного слоя не наклонена к области затвердевания оксидационных стальных волокон, что в свою очередь приводит к образованию окислительного слоя.

Во время износа при высокой температуре, можно обнаружить четкие отрывные и пластиковые следы потока, возникающие в результате трения на поверхности. В течение этого периода способность к разрыву ослабляет и усиливает адгезию. В то же время структура поверхности трения зависит от высокой температуры трения и пиролиза абразивного порошка. Эта форма генерирует большую гибридную поверхностную энергию, которая не только опирается на поверхность тормозного диска, но также прилипает к поверхности тормоза и начинает формировать поверхность верхнего слоя. В условиях высоких температур материал тормозной колодки:

- проявляет стойкость к разложению;
- истощение ингредиентов из-за адгезионных потерь усиливается;
- органические волокна превращаются в полужидкие, что приводит к образованию царапин, распад, карбонизации и окислению органического вещества.

На этом этапе воздействие верхней поверхности тормозной колодки вызвано большим адгезионным распределением.

Разрушение поверхностей трения обычно определяется как разделение частиц до микрометров. Разделение таких частиц происходит в результате большого количества воздействий нагрузок, температурных импульсов на неровную поверхность. Малая часть кинетической энергии, генерируемой во время процесса, преобразуется в эластичную деформацию движущихся элементов, а основная часть, преобразуется в теплообменную между тормозными элементами. Когда напряжение достигает уровня усталости, на контактной поверхности появляется трещины [11, 12].

Повышение температуры трения влияет не только на усталость, но и на коэффициент трения (рис. 2).

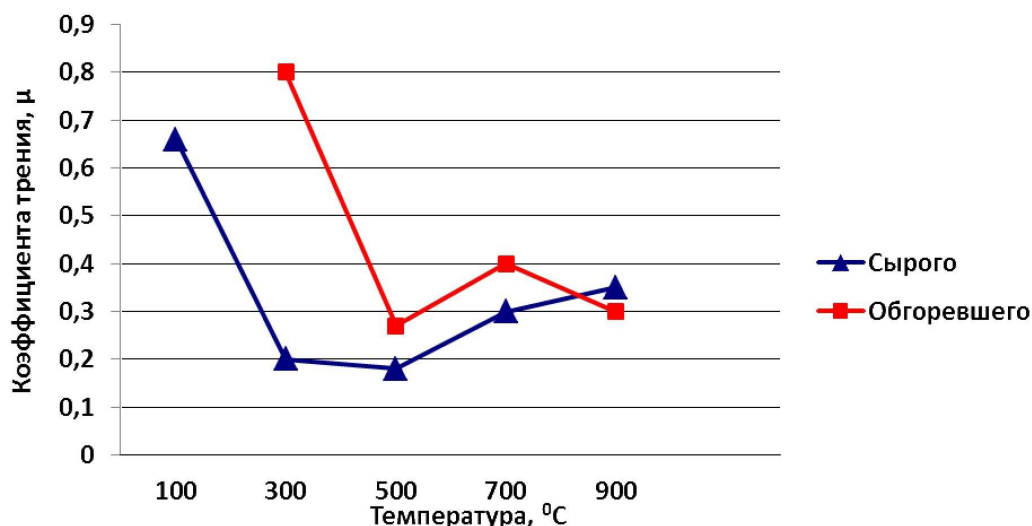


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента трения от температуры материала Ретинакс ФК-24А: сырого и обгоревшего по чугуну [13]

Со временем трещины образовавшиеся под воздействием высоких температур расширяются, что в результате приводит к возникновению усталых трещин [14].

Из-за больших и частых перемен в процессе нагревания-остывания, размеры микротрещин увеличиваются и достигают размеров макротрещин. Это же и приводит к деструкции колодки [15].

Во время изучения поведения трения при тепловом режиме, механизм изнашивания и разрушения еще раз доказывают, что важнейшими свойствами фрикционных материалов являются: долговечность, стабильность коэффициента трения и высокие показатели износостойкости.

Вывод

Изучение процесса трения и износа показало, что в металл-полимерных парах существуют различные механизмы термомеханического износа. Исследования показали, что основным фактором термомеханического изнашивания характеризуется высокими пределами термического цикла.

Литература:

1. Нарва В.К. Технология порошковых материалов и изделий. – М. : Изд. Дом МИСиС, 2012. – 171 с.
2. Zahid Kərimov, Maşın hissələrinin uzunömürlüüyü, Bakı, Elm, 2009. – səh. 114.
3. S. Zhang, H. Zhao. An Experimental Study on the Mechanism of Material Transfer in Friction Couple: Asbestos-Reinforced Friction Material-Steel, Tribology Series, Vol.21, Elsevier Science Publishers, 1992. – p. 477–482.
4. Adrian Cătălin Drumeanu, Niculae Napoleon Antonescu, The Drilling Drawworks Band Brakes Thermal Regime, The Annals Of University «Dunărea De Jos» Of Galați Fascicle VIII, Tribology, 2006. – pp.147–152.

5. Məmmədov V.T., Mirzəyev O.H., Neft mədən texnikasının təmiri və bərpaası, Bakı: ADNA nəşri, 2012. – 302 səh.
6. Крагельский И.В., Трение и износ. – М. : Машиностроение, 1968. – Изд. 2-е перераб. и доп. – 430 с.
7. Ripeanu R.G., Ispas V., Ispas D. Tribological behavior of brake bands // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2012. – Vol. 18 (1). – P. 28–35.
8. Axundov B., Qazma maşın və mexanizmləri, Elm nəşriyyatı, Bakı, 1964. – 256 səh.
9. Крагельский И.В. Трение и износ. – М. : Машиностроение, 1968. – 2-е изд. – 430 с.
10. Xinhua Wang, Simin Wang, Siwei Zhang, Deguo Wang, Wear mechanism of disc-brake block material for new type of drilling rig. – Front. Mech. Eng. China : Higher Education Press and Springer-Verlag, 2008. – Vol.3 (1). – P. 10–16.
11. Ling F.F., Pan C.H.T. Proceedings of the Workshop on the Use of Surface Deformation Models to Predict Tribology Behavior. – Columbia University in the City of New York, 1986. – 5 p.
12. Александров М.П., Тормозные устройства в машиностроении. – М. : Издательство Машиностроение, 1965. – 676 с.
13. Детали машин. Расчет и конструирование : Справочник / под ред. Н.С. Ачеркана. – М. : Машиностроение, 1968. – Т. 1. – 440 с.
14. Drumeanu A.C., Ripeanu R.G. Metallic element design of tribo-thermal stressed dry friction couples // Journal Of The Balkan Tribological Association. – 2010. – Vol. 16. – № 3. – P. 362–372.
15. Zhang Siwei, Wang Xinhua, Fan Qiyun & Lin Li, Investigation of the tribological performance of friction pair for disc brake of drilling rig. – Science in China (Series A), 2001. – P. 253–258.

References:

1. Narva B.K. Technology of powder materials and products. – М. : Prod. House of MISIS, 2012. – 171 p.
2. Zahid Kərimov, Maşın hissələrinin uzunömürlüyü, Bakı, Elm, 2009. – səh. 114.
3. S. Zhang, H. Zhao. An Experimental Study on the Mechanism of Material Transfer in Friction Couple: Asbestos-Reinforced Friction Material-Steel, Tribology Series, Vol.21, Elsevier Science Publishers, 1992. – p. 477–482.
4. Adrian Cătălin Drumeanu, Nicolae Napoleon Antonescu, The Drilling Drawworks Band Brakes Thermal Regime, The Annals Of University «Dunărea De Jos» Of Galați Fascicle VIII, Tribology, 2006. – pp.147–152.
5. Məmmədov V.T., Mirzəyev O.H., Neft mədən texnikasının təmiri və bərpaası, Bakı: ADNA nəşri, 2012. – 302 səh.
6. Kragelsky I.V., Friction and wear. – М. : Mechanical engineering, 1968. – Prod. 2nd revise. and additional – 430 p.
7. Ripeanu R.G., Ispas V., Ispas D. Tribological behavior of brake bands // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2012. – Vol. 18 (1). – P. 28–35.
8. Axundov B., Qazma maşın və mexanizmləri, Elm nəşriyyatı, Bakı, 1964. – 256 səh.
9. Kragelsky I.V. Friction and wear. – М. : Mechanical engineering, 1968. – 2nd prod. – 430 p.
10. Xinhua Wang, Simin Wang, Siwei Zhang, Deguo Wang, Wear mechanism of disc-brake block material for new type of drilling rig. – Front. Mech. Eng. China : Higher Education Press and Springer-Verlag, 2008. – Vol.3 (1). – P. 10–16.
11. Ling F.F., Pan C.H.T. Proceedings of the Workshop on the Use of Surface Deformation Models to Predict Tribology Behavior. – Columbia University in the City of New York, 1986. – 5 p.
12. Alexandrov L.S., Brake mechanisms in mechanical engineering. – М. : Mechanical engineering publishing house, 1965. – 676 p.
13. Details of cars. Calculation and designing : The reference book / under the editorship of N.S. Acherkan. – М. : Mechanical engineering, 1968. – Т. 1. – 440 p.
14. Drumeanu A.C., Ripeanu R.G. Metallic element design of tribo-thermal stressed dry friction couples // Journal Of The Balkan Tribological Association. – 2010. – Vol. 16. – № 3. – P. 362–372.
15. Zhang Siwei, Wang Xinhua, Fan Qiyun & Lin Li, Investigation of the tribological performance of friction pair for disc brake of drilling rig. – Science in China (Series A), 2001. – P. 253–258.