

## СЕРПЕНТИНИТ

Антонова Н.А.

научный руководитель канд. техн. наук Данилов А.К.  
Сибирский федеральный университет

### 1. Введение.

В нефтегазовой промышленности одной из важных проблем является износ оборудования на узлах трения. В своем докладе я хотела бы предложить применение серпентинита как присадки для рабочего инструмента. Мой доклад будет нацелен на раскрытие действия серпентинита, его свойств и характеристик, которые влияют на работу машин нефтегазового комплекса.

В начале 80-х годов во время бурения сверхглубокой нефтяной скважины на Кольском полуострове специалисты из группы проф. Крагельского обнаружили интересный феномен. Во время прохождения бура через определенные породы инструмент не только не изнашивался, но режущие поверхности упрочнялись и восстанавливались. На основе этих наблюдений группой ученых были разработаны новые виды триботехнических составов различного класса на минеральной основе, в основном – серпентинов, включающих хлориты, гарниериты, тальк и ряд других минералов.

Серпентинит (от лат. *serpens* – змея) – горная порода, включающая в себя серпентин  $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$  в качестве базового элемента, составляющего не менее 50% от общего объема породы, а так же тальк  $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$ , пирротин  $FeS$ , энстатит  $MgSiO_3$ , фаялит  $(Fe_{0,94}Mg_{0,06})_2SiO_4$ , минералы с общей химической формулой  $Fe_xO_y$ , как правило, это магнетит  $Fe_3O_4$ , реже – гематит  $Fe_2O_3$  и др. Число различных минералов, входящих в состав серпентинита, может достигать до 100 без учета «следов» химических элементов. Кроме этого в различных серпентинитах серпентин содержится в различных фазах – антигорита, хризотила, лизордита и др.

### 2. Серпентинит

Серпентинит или змеевик, метаморфическая порода, сложенная в основном серпентиновыми минералами. Последние образовались за счет таких железисто-магнезиальных минералов, как оливин, ортопироксены и отчасти роговых обманок. Соответственно первичные породы, подвергшиеся серпентинизации, были представлены дунитами, перидотитами, ортопироксенитами и реже амфиболитами или амфиболовыми сланцами. Самый чистый серпентинит образуется по перидотиту. Серпентинит может очень постепенно, через серию промежуточных разновидностей, переходить в латеральном (боковом) направлении в исходную породу. Серпентинит имеет гладкую на ощупь поверхность, окраска варьирует от зеленой до черной. Некоторые серпентиниты бывают пятнистыми, в их окраске чередуются зеленые и белые пятна, причем белый цвет обусловлен присутствием ветвящихся прожилков кальцита или



Рис.1. Образец серпентинита

доломита. Чтобы понять работу серпентинита, нужно знать его состав, из каких примесей состоит и как он может в последствии влиять на качество работ.

Как видно из Таблицы 1, серпентиниты содержат 20-40% примесей, которые могут отрицательно влиять на качество состава: магнетит, слюды, гидроталькиты, карбонаты и другие примеси.

**Таблица 1 – Примерный состав серпентинитов**

Наименование	Химическая формула	Содержание, масс. %
Серпентин	$Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$	60-80
Магнетит	$Fe_3O_4$	5-20
Хлориты	$(Mg, Fe^{2-}, Fe^{3-})_x [Al Si_2O_{16}] (OH)_8$	до 10
Слюды	$AB_{2-3}[T_4O_{10}] (OH, F)_2$ где А= К, Na, Саидр., В= Al, Mg, Fe, Т= Si, Al	до 10
Форстерит	$Mg_4[ Si O_4]$	до 5
Диопсид	$CaMg [Si_2 O_6]$	до 5
Авгит	$Ca ( Mg, Fe, Al) [( Si, Al)_2 O_6 ]$	до 5
Амфиболы	$A_{2-3} B_5 [(Si, Al)_4O_{11}]_2 (OH)_2$ где А= Mg, Fe <sup>2-</sup> , Саили Na В= Mg, Fe <sup>2-</sup> , Fe <sup>3-</sup> или Al	до 5
Гидроталькит	$Mg_6Al_2(OH)_{16}[CO_3]_4H_2O$	до 12
Карбонаты	$CaCO, CaMg (CO_3)$ и др.	до 12
Полевые шпаты, например, ортоклаз	$K[Al S3O_{10}]$	до 9
Сульфиды, например, халькопирит	$CuFeS_2$	до 2
Оливин	$(Mg, Fe)_2[SiO_4]$	до 3
Прочие примеси	Асбест, платина, золото, редкоземельные элементы	до 5



**Рис.2.** Образец серпентинита с включением хризолита

В ходе многолетней практики и наблюдений выяснилось, что такие примеси снижают надежность и долговечность, особенно при высоких нагрузках и температурах. В тоже время применение серпентинитов высокой степени очистки позволяет сохранять положительный эффект до 3-х лет и более. Входящие в состав серпентинита примеси минералов и элементов создают характерный окрас, поэтому только подделочных и облицовочных серпентинитов известны тысячи видов. Подавляющее большинство из природных серпентинитов непригодно для производства добавок к смазочным материалам из-за повышенного наличия абразивов, таких как  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  или других элементов, а также из-за несоответствующего элементного состава или структуры. Таким образом, используя «природный серпентинит» неизвестного состава можно получить отрицательный результат. Серпентинит обладает высокими эксплуатационными характеристиками, близкими к характеристикам гранита. Этот природный камень обладает экологичностью, стоек к истираемости и морозостоек. По радиационным показателям серпентинит пригоден к использованию в жилищном и гражданском строительстве.

**Эксперимент:** В ходе экспериментов было выяснено, что если серпентинит измельчить в порошок до микронного уровня и поместить в железосодержащую пару трения, то под воздействием давления и возникающих высоких температур происходят преобразования в поверхностном слое металла. В результате *его износостойкость повышается в несколько раз.*

В зависимости от типа пары трения, геометрии взаимодействующих поверхностей, нагрузки на них и материала, из которого эти пары изготовлены, можно получать различные триботехнические эффекты, влияющие на их работу.

#### **Характеристика серпентинита**

*Серпентинит имеет гладкую на ощупь поверхность. Текстура массивная, сланцеватость практически отсутствует. По особенностям минерального состава различают антигоритовые, хризолитовые, бронзитовые, гранатовые и другие серпентиниты.*

### **3. Способы подготовки природного серпентинита**

1. Способ подготовки природного серпентинита, включающий диспергирование природного минерала, который перед использованием предварительно механоактивируют в смеси с солидолом с пульсацией давления 0,01-1 МПа при температуре 40-100°C, при этом содержание примесей в абразивоподобном порошке находится в пределах 3-10 мас.%. Такое содержание примесей обеспечивает пассивирующие свойства сервовитной пленки, которую получают в результате использования природного серпентинита в качестве твердой добавки к солидолу.

2. Способ подготовки состава на основе смеси природных гидратов, таких как серпентин, тальк, пирротин, эстатит, фаялит, включающий диспергирование, обработку в центрифуге и барокамере, в которой создавали режим насыщенного пара с температурой 110°C и обрабатывали в течение 20 мин. Обработка порошка сухим

насыщенным паром при одновременном его распылении эффективно обезвоживает его без спекания и делает его воздушным, дополнительно стабилизируя его дисперсность.

3. Способ изготовления состава для обработки пар трения, включающий диспергирование природного гидросиликата магния, обезвоживание и магнитное сепарирование.

Таким образом, ни предлагаемые известные составы на основе природных минералов, ни способы их подготовки стабильных результатов относительно повышения износостойкости, коэффициента трения или технических характеристик машин и механизмов не имеют. Поэтому возникает необходимость в дальнейшем рассмотрении данного вопроса с целью получения стабильных положительных результатов.

Известно, что в процессе износа любых механических узлов, величина виброперемещения, виброскорости и виброускорения возрастает в 30-100 раз. Все это вызывает пробой гидродинамического разделительного слоя смазки и заставляет узлы трения работать в режиме граничной смазки.

Для уменьшения износа узлов трения используют тонкодисперсные антифрикционные порошковые композиции в составе как жидких, так и густых смазок, вводящихся в узлы трения. Это повышает однородность распределения компонентов, увеличивает поверхность их контакта и способствует восстановлению поврежденных поверхностей трения посредством формирования сервовитной пленки, для создания которой используют соединения на основе минеральных гидросиликатов магния, в основном – серпентинита.

При натурных испытаниях, а так же непосредственно в процессе эксплуатации проявляется восстановительный эффект серпентинитов. Размеры изношенных деталей подшипников качения, цилиндро-поршневой группы двигателей внутреннего сгорания и компрессоров, редукторов и т.д. возвращаются к исходному значению.

Современные возможности защиты от фрикционного, абразивного, эрозионного, вибрационного и коррозионного износа машин и механизмов обеспечивают существенное повышение твердости и снижение износа, коэффициента трения и компенсацию утраченных размеров. Это дает основание предлагать эти составы для обработки узлов механизмов и машин как новых, так и бывших в употреблении и имеющих различные степени изношенности.

#### **4. Заключение**

Применение серпентинита предотвращает износ и возникновение основных первичных разрушающих факторов, таких как электрохимическая коррозия, истирание, механические повреждения, водородное охрупчивание и т.д. Более того, он может служить и восстанавливающим средством для уже изношенных поверхностей.

Длительные всесторонние испытания натуральных смазочных материалов показали, что применение присадок на основе серпентинита снижает интенсивность износа при плоскостном трении в 15 раз. Отмечается повышение средней удельной эксплуатационной экономичности, снижение потерь на трение на 20% и более, увеличение ресурса смазок и масел в 2–3 раза, уменьшение шумовых нагрузок.

## 5. Список использованной литературы

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента. – М.: "Металлургия", 1968. 155 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.– М.: Наука, 1976. 279 с.
3. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3 т. / Под ред. И.Н. Жестковой. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2001 – 912 с.
4. Бондарь А.Г., Статюха Г.А. Планирование эксперимента в химической технологии. – Киев: «Вища школа», 1976.. 184 с
5. Буяновский И.А., Фукс И.Г., Шабалина Т.Н. Граничная смазка: этапы развития трибологии: Монография.- М.: ГУП Изд-во «Нефть и газ» РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2002.- 230 с.
6. Виппер А.Б., Виленкин А.В., Гайснер Д.А. Зарубежные масла и присадки. – М.: Химия, 1981. 189 с.
7. Вокресенский В.А. и др. Расчет и проектирование опор жидкостного трения. М., 1983.
8. Гаевик Д.Г. Подшипниковые опоры современных машин. М., 1985.
9. Галахов М.А., Бурмистров А.Н. Расчет подшипниковых узлов. М., 1988.
10. Гостев Ю.В., Новиков В.И., Пасков В.В. Новый подход к обеспечению надежности эксплуатации теплоэнергетического оборудования. – Новости теплоснабжения, 2004, № 1, с. 37-45.
11. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей: Справочник. – М.: Химия, 2000. 232 с.