

УДК 621.2.082.18

МЕХАНИЗМ СМАЗЫВАЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ И СВОЙСТВА ГРАФИТА

*Доронин Р.Ю., Жуков М.С., студенты 6 курса инженерного факультета
Научный руководитель – Морозов А.В., доктор технических наук,
доцент
ФГБОУ ВО Ульяновский ГАУ*

Ключевые слова: графит, смазывающее действие, коэффициент трения.

В работе рассмотрены структура, свойства графита и механизм его смазывающего действия. Рассмотрены гипотезы, объясняющие хорошую смазочную способность графита.

Графит представляет собой наиболее устойчивую кристаллическую модификацию углерода. Его кристаллическая решетка гексагональная (см. рисунок). Атомы углерода расположены в вершинах углов шестиугольников, образующих слой (базисную плоскость). Расстояние между соседними атомами углерода, лежащими в одной плоскости, составляет менее 0,142 нм. Внутри слоя атомы углерода образуют между собой мощные ковалентные связи (энергия связи превышает 167 Дж/моль).

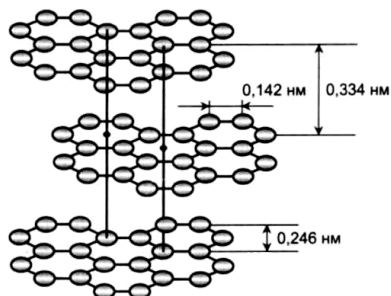


Рисунок - Кристаллическая структура графита

Слои графита располагаются параллельно друг другу, а расстояние между ними составляет 0,34 нм. Атомы углерода одного слоя рас-

положены против центров шестиугольников других соседних слоев (нижележащего и вышележащего), т.е. каждый слой смещен относительно другого в горизонтальном направлении. Такое строение кристаллической решетки графита обеспечивает анизотропию его свойств - при большом сопротивлении сжатию перпендикулярно слоям (твердость близка к твердости алмаза) графит обладает малым сопротивлением сдвигу параллельно слоям.

Существует модификация графита с ромбоэдрической решеткой. Положение плоских слоев в ее структуре повторяется не через один слой, как в гексагональной модификации, а через два. При нагревании до 3000 °С ромбоэдрический графит переходит в гексагональный. Физические и химические свойства графита обеих модификаций заметно не отличаются.

Механизм смазывающего действия графита главным образом связан с его строением. Силовое поле трущихся деталей обеспечивает ориентацию слоев графита, адсорбированных на сопрягаемых поверхностях параллельно касательному усилию. Поэтому сдвиг при трении происходит по плоскостям легкого скольжения. Толщина ориентированных пленок превышает 1,3 нм, т.е. существует как минимум три плоскости скольжения. Такое расположение кристаллов, поочередное разрушение межслойных связей при сдвиге и высокая адгезия к поверхностям трения обеспечивают хорошие смазочные свойства и стойкость пленки графита к изнашиванию.

Вторая, не менее важная причина смазывающего действия графита в том, что на поверхности адсорбированной пленки графита возможна вторичная адсорбция полярных молекул. Содержащиеся в воздухе молекулы воды и газа сорбируются на кристаллографических плоскостях графита и таким образом ослабляют связи между соседними слоями. При этом сопротивление сдвигу между слоями становится значительно меньше сил адгезии графита к поверхности металла, вследствие чего уменьшается вероятность среза пленки графита и возникновения ювенильных участков поверхностей выступов, способных образовывать прочные мостики сварки. Подтверждением справедливости этого положения являются результаты исследований, указывающие на то, что при относительной влажности воздуха около 80% поверхность частиц порошкообразного графита полностью покрывается слоем воды. Кроме того, при наличии в окружающей среде паров воды и газа повышается прочность адгезионного взаимодействия между графитом и поверхностями твердых тел.

В силу указанных причин графит снижает коэффициент трения f металлов в среде влажного воздуха до 0,03-0,05, в среде сухого кислорода f значительно выше, а в сухом азоте графит не проявляет свойств смазочного материала. Смазочные свойства графита слабо проявляются в вакууме и при температуре более 100 °С. В вакууме при отсутствии влаги коэффициент трения поверхностей, разделенных графитовой прослойкой, достигает 0,3.

Существует предположение, что причина низкого сопротивления графита сдвигу в наличии участков с неупорядоченным расположением атомов, возникающих вследствие высоких тепловых напряжений, вызываемых анизотропным расширением кристаллов при графитизации.

Представляет интерес гипотеза о том, что хорошая смазочная способность графита обусловлена тем, что при высоких давлениях на пятна контакта ориентированные слои графита, скатываясь, образуют ролики, т.е. трение скольжения частично заменяется трением качения. Существование графитовых роликов подтверждено результатами электроно-микроскопических исследований.

Графит не является химически активным веществом, однако взаимодействует с некоторыми кислотами, например с серной кислотой, образуя бисульфат графита, анионы которого располагаются между слоями графита. Он взаимодействует также с некоторыми галоидами, например с бромом, атомы которого образуют прослойки между плоскостями углеродных слоев, увеличивая расстояние между ними; со щелочными металлами, соединения которых разрушают решетку графита; с галоидными производными металлов. Окисляется с образованием моноатомного слоя CO_2 при 450 °С - это температурный предел эксплуатации графита на воздухе. При температуре свыше 1500 °С графит в вакууме иногда обеспечивает низкий (0,15 - 0,25) коэффициент трения, что можно объяснить снижением энергии связей между плоскостями кристаллической решетки.

Графит лучше всего работает в паре с чугуном, сталью и хромом, хуже - с медью. Также графит часто применяется в паре с консистентной смазкой, нанесение которой на трущиеся поверхности позволяет существенно уменьшить их износ. Особенно эффективно наносить графитовую смазку на упрочненные поверхности деталей [1-8]. Графит заполняет впадины микропрофиля поверхности трения, снижая шероховатость. Его смазочная способность улучшается при наличии на поверхностях трения металлов оксидных пленок и практически не изменяется в широком диапазоне скоростей скольжения, что объясняется его высокой теплопроводностью и теплостойкостью.

Библиографический список:

1. Крагельский, И.В. Трение и износ. - М.: Машиностроение, 1968.-420 с.
2. Морозов, А.В. Характер эксплуатационного износа гладких цилиндрических подвижных соединений применяемых в сельскохозяйственной технике / А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // *Материалы III Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути решения»*. - Ульяновск: ГСХА, 2011, т. II. – С. 271-275.
3. Морозов, А.В. Формирование свойств поверхности при объемном электро-механическом дорновании втулок из бронзы Бр ОЦС 5-5-5 / А.В. Морозов, А.В. Байгулов // *Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии*. – 2011.- № 4.– С. 116-121.
4. Морозов, А.В. Исследование микротвердости упрочненных участков на поверхности отверстия сформированных сегментной электромеханической закалкой / А.В. Морозов, Н.И. Шамуков, Н.Н. Горев // *Материалы IV Международной научно-практической конференции «Аграрная наука и образование на современном этапе развития: опыт, проблемы и пути решения»* .- Ульяновск: ГСХА, 2012.- т. II. – С. 104 – 109.
5. Морозов, А.В. Повышение износостойкости тонкостенных втулок при объемном электромеханическом дорновании / А.В. Морозов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. -2012.- № 2. - С 87-90.
6. Морозов, А.В. Повышение послеремонтного ресурса сопряжения привода выталкивателя штампа станка ПШ-2 применением процессов электро-механической обработки / А.В. Морозов, Г.Д. Федотов // *Научное обозрение*. – 2012. - № 4. - С 230-236.
7. Морозов, А.В. Повышение износостойкости втулки балансира трактора МТЗ-80.1 избирательной электро-механической закалкой / Л.В. Федорова, А.В. Морозов, В.А. Фрилинг // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. -2012.- № 9. - С 132-140.
8. Морозов, А.В. Электро-механическая поверхностная закалка втулок трака бульдозера «KOMATSU» / С.К. Федоров, А.В. Морозов // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2013. -№ 3. - С 102-107.

MECHANISM OF LUBRICATING ACTION AND PROPERTIES OF GRAPHITE***Doronin R.Yu., Zhukov M.S.******Key words:* graphite, lubricating action, friction coefficient.**

The paper considers the structure, properties of graphite and the mechanism of its lubricating action. Hypotheses that explain the good lubricity of graphite are considered.