

И.Н. Щербаков

О системном подходе к разработке композиционных антифрикционных покрытий

Одним из путей повышения надежности и долговечности машин и механизмов является создание и использование новых антифрикционных композиционных покрытий (КП) с использованием известных и развитых методов разработки с учетом представлений о самоорганизации, термодинамики необратимых процессов, физико-химии поверхностных явлений, триботехнического материаловедения и т.п.[1 – 7]. Особое развитие в последние десятилетия получили комплексные исследования закономерностей формирования структурно-фазового состояния, свойств КП и механизмов их трения и изнашивания с использованием кристаллохимии[8, 9].

В настоящей работе рассмотрены некоторые вопросы системного подхода к созданию КП с позиций трибологии и кристаллохимии. Представлена структурная схема трибологической системы (ТС), элементы которой исследовались в процессе разработки КП.

В рамках системного подхода к созданию КП необходимо рассматривать не только трибологические и физико-механические характеристики самих покрытий, но и возможные характеристики контртела. Эта необходимость определяется тем, что, во многих случаях, покрытия, обладающие очень низким коэффициентом трения и повышенной износостойкостью в паре трения с некоторыми металлами, могут быстро выходить из строя во время работы с металлами другого химического состава, обладающими другими электродными потенциалами поверхности, обработанными до другого класса шероховатости или обладающими другой структурой и фазовым составом поверхности.

На рис. 1 рассмотрен вариант ТС, являющейся подсистемой какого-либо узла трения механизма или устройства, включающей следующие элементы: два твердых тела Т1 и Т2, участвующих в процессе трения без смазочного материала, Т3 – третье тело, возникающее в трибологическом контакте в резуль-

тате процессов, происходящих в зоне контакта при трении КП, $\Pi_{\text{КП}}$ – поверхность покрытия, $\Pi_{\text{Т2}}$ – поверхность контртела.

В ТС система ($\text{T1} + \text{КП} + \Pi_{\text{КП}}$) представляет, по сути, некоторую поверхностную конструкцию со свойствами, не присущими отдельно ни материала T1 , ни КП, ни $\Pi_{\text{КП}}$. Поэтому при разработке нового КП эту систему необходимо рассматривать как единое целое, а исследования её свойств должны базироваться на взаимосвязи показателей качества системы с её конструктивными особенностями и физико-механическими характеристиками материалов.

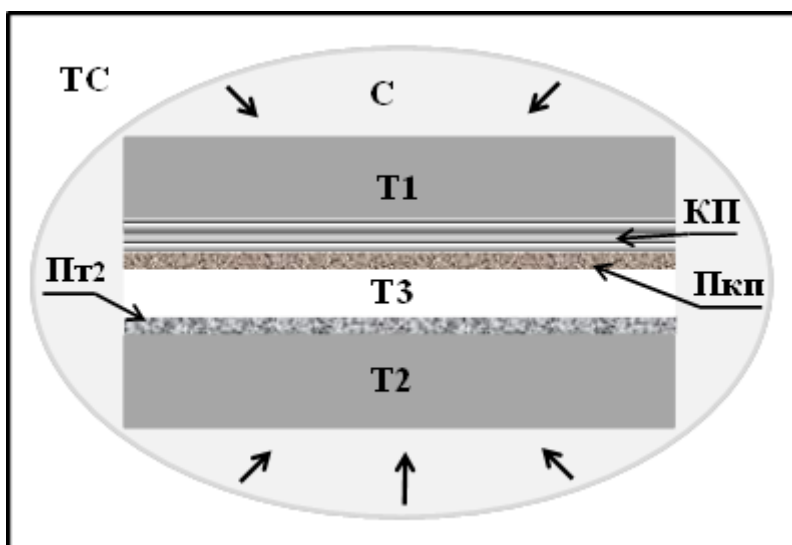


Рис. 1. Трибологическая система

Основными характеристиками ТС, удовлетворяющей требованиям узла трения, являются: F – сила трения, возникающая в трибологическом контакте; $I_{\text{КП}}$ – интенсивность изнашивания поверхности покрытия; $I_{\text{КТ}}$ – интенсивность изнашивания поверхности контртела; M – показатель механической прочности покрытия; K – показатель стойкости покрытия к коррозии.

Все эти характеристики ТС зависят от множества, в большинстве случаев взаимосвязанных, факторов, таких как: химический и фазовый состав элементов системы, структура и количество компонентов в материалах, покрытии и в третьем теле, состояние окружающей среды, температура, давление в зоне трибологического контакта, скорость перемещения, качество подготовки и обработки поверхностей и т.д.

На основе анализа литературных данных и результатов трибологических и кристаллохимических исследований установлено, что одним из основных факторов, влияющим на характеристики ТС, представленные выше, является фазово-разупорядоченное состояние поверхности КП [9 – 11].

Фазово-разупорядоченное состояние поверхности – это микроструктурное состояние многофазной многокомпонентной системы, которое определяется химическим составом и кристаллической структурой распределенных в её объеме фаз и, в свою очередь, определяет свойство поверхности при трении в целом. Данное свойство поверхности не может быть получено по аддитивности с учетом индивидуальных характеристик каждой фазы. Фазово-разупорядоченное состояние гетерофазной поверхности КП включает в себя следующие составляющие разупорядоченности:

– *структурную разупорядоченность фазы* (наличие в структуре статистически разупорядоченных структурных элементов – атомов, молекул, модулей);

– *фазовую разупорядоченность* (наличие в материале множества фаз в результате самопроизвольного распределения по ним определенной компоненты химической системы при данных термодинамических условиях);

– *структурно-фазовую разупорядоченность* (одновременное существование фаз разного состава, каждая из которых находится в нескольких структурных модификациях).

Фазово-разупорядоченное состояние контактирующих поверхностей ТС можно разделить на фазово-разупорядоченное состояние поверхности КП, фазово-разупорядоченное состояние поверхности контртела, фазово-разупорядоченное состояние контактирующих поверхностей твердых тел в трибологической системе с учетом третьего тела. На рис. 2 показана система, определяющая взаимосвязи состояний поверхностей ТС, которая использована автором при создании КП.



Рис. 2. Система фазово-разупорядоченного состояния поверхностей трения ТС

Канадскими физиками создана математическая классификация особых состояний кристаллов, характеризующихся одинаковой симметрией расположения атомов, но с другой картиной квантовых связей и с другим рисунком «запутанности», что предопределяет их необычные свойства. Термин «запутанность» появился ещё в 1930 г. и в настоящее время используется учеными, изучающими экзотические состояния вещества. Удалось выявить сотни вышеуказанных состояний кристаллов [12].

Говорить о каком-либо подобии особых состояний кристаллов, предсказанных канадскими учеными, и фазово-разупорядоченном состоянии поверхностей ТС, в настоящее время, не очень корректно т.к. разный иерархический уровень. Однако, рассматривая и изучая последнее явление с позиций кристаллохимии [10] и трибологии [13], можно предположить, что оно вполне допустимо.

В настоящее время выявлены и изучены десятки и сотни структурных состояний кристаллических материалов и покрытий, предопределяющих фазово-разупорядоченное состояние трибологических поверхностей ТС при трении [8 – 11]. Результаты этих исследований позволяют не только изучать механизмы трения и изнашивания и создавать новые антифрикционные материалы и КП, но и предопределяют развитие нового научного прикладного направления кристаллохимии и трибологии – трибокристаллохимии.

Исследование выполнено при поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, соглашение 14.U01.21.1078.

Литература:

1. Брейтуэйт Е.Р. Твердые смазочные материалы и антифрикционные покрытия. – М.: Химия, 1967. – 396 с.
2. Вишенков С.А. Химические и электрохимические способы осаждения металлопокрытий. – М.: Машиностроение, 1975. – 312 с.
3. Вайнштейн В.Э., Трояновская Г.И. Сухие смазки и самосмазывающиеся материалы. – М.: Машиностроение, 1968. – 180 с.
4. Кутьков А.А., Щеголев В.А. Структурно-кинематическое моделирование подвижных молекулярных форм. – Ростов н/Д: Изд-во Рост ун-та, 1984. – 160 с.
5. Щербаков И.Н., Дерлугян Ф.П. Обоснование процесса получения композиционных антифрикционных самосмазывающихся материалов с заданными техническими характеристиками методом химического наноконструирования [Электронный ресурс] / Щербаков И.Н., Дерлугян Ф.П. // Инженерный вестник Дона. – 2010. №4. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4y2010/287>.
6. Логинов В.Т., Дерлугян П.Д. Химическое конструирование трибокомпозитивов и их производство в ОКТБ «Орион» [Электронный ресурс] / Логинов В.Т., Дерлугян П.Д. // Инженерный вестник Дона. – 2007. №1. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2007/46>.
7. Bayer R.G. Mechanical Wear Fundamentals and Testing, Revised and Expanded/ CRC Press, 2004. 395 p.

8. Иванов В.В., Щербаков И.Н. Моделирование композиционных никель-фосфорных покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион», 2008. – 112с.

9. Щербаков И.Н. Разработка композиционного никель–фосфорного покрытия, модифицированного нитридом бора и политетрафторэтиленом: дис. канд. техн. наук.– Новочеркасск: ЮРГТУ(НПИ), 2003. – 120 с.

10. Иванов В.В. Комбинаторное моделирование вероятных структур неорганических веществ. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2003.– 204 с.

11. Щербаков И.Н., Иванов В.В., Логинов В.Т. и др. Химическоенано-конструирование композиционных материалов и покрытий с антифрикционными свойствами. – Ростов н/Д: Изд-во журн. «Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки», 2011. – 152с.

12. Entering a new phase/ [Электронныйресурс].URL: <http://www.perimeterinstitute.ca/node/86118>.

13.Крагельский И.В. Трение и износ. Изд.2-е переработанное и доп. М.: Изд-во «Машиностроение», 1968. –480 стр.