

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ И КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ В УЗЛАХ ТРЕНИЯ

*Студент – Сыч А.В., 38тс, 4 курс, ФТС
Научный
руководитель – Кравцов В.Б., ассистент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Рассмотрены методики оценки и классификация металлополимерных систем и методы их получения при изготовлении различных типов композиций. Представлена классификация комбинированных металлополимерных материалов и покрытий, описаны пути улучшения фрикционных параметров металлополимерной пары.

Ключевые слова: полимер, износостойкость, металлополимеры, узлы трения, графит, сульфид, композиционный материал.

Полимерные материалы находят в настоящее время все большее применение в машиностроении. Высокие физико-механические характеристики, химическая стойкость и низкая плотность обуславливают в ряде случаев эффективность применения полимеров вместо традиционных материалов (металлов и сплавов, древесины, силикатов). Однако опыт показывает, что наиболее полного использования преимуществ полимерных материалов можно достичь только при всестороннем учете их специфических свойств.

Анализ литературных данных [1] свидетельствует о том, что поиск методов повышения износостойкости и улучшения фрикционных характеристик металлополимерных узлов трения ведется по следующим основным направлениям:

1. Разработка новых конструкций подшипниковых узлов.
2. Создание смазочных композиций для пары трения полимер-металл.
3. Разработка новых самосмазывающихся композиций на основе полимеров.
4. Разработка методов регулирования поверхностных свойств контактирующих материалов в процессе создания и эксплуатации.

Новые конструкции металлополимерных узлов трения достаточно широко рассмотрены [3, 4, 6 и др.]. Используя различные конструктивные приемы, можно значительно увеличить теплоотвод из зоны трения, улуч-

шить герметичность, соосность и демпфирующие способности узла, полезно использовать эффект повышения коэффициента трения полимеров с ростом температуры, реализовать принципы «безизносности», что позволяет в значительной мере повысить нагрузочную способность узла и эксплуатационный ресурс. Однако, в ряде случаев конструктивные решения не обеспечивают достаточной работоспособности узла трения при определенных эксплуатационных параметрах. Особенно важным является этот факт при разработке узлов трения, эксплуатирующихся без смазки или при ее ограничении (одноразовая при сборке, сезонная и т.п.). Возникает необходимость создания новых композиционных материалов на основе полимеров, реализующих эффект самосмазывания.

Наиболее широко применяемым приемом при создании новых самосмазывающихся материалов является введение в состав композиции смазочных материалов [2], что позволяет реализовать в процессе эксплуатации правило «положительного градиента по глубине». В качестве смазочных материалов широко применяются графит, сульфиды, селениды, йодиды, нитриды металлов, соли органических кислот поливалентных металлов, гексагональная сажа, фторопласт и т.д., объединенные общепринятым понятием «сухие» (твердые) смазки. Наиболее эффективно введение твердых смазок в термореактивные смолы – фенолформальдегидные, полиамидные, полиэфирные и др. В результате термического воздействия в процессе формирования изделия образуется трехмерная полимерная матрица, удерживающая частицы смазки. При этом возможно химическое взаимодействие между молекулами полимера и смазки [5]. В процессе фрикционного взаимодействия на сопряженных поверхностях за счет анизотропии прочности атомных связей во взаимоперпендикулярных направлениях образуется смазочная пленка, обладающая высокой степенью ориентации и реализующая положительный градиент механических свойств [6, 8]. Кроме того, введение твердых смазок в композиционный материал позволяет в широких интервалах изменять его физико-механические свойства.

Термин «металлополимеры» был предложен в 1961 г. профессором Э.М. Натансоном, основоположником нового научного направления в коллоидной химии, физико-химии коллоидных металлов и металлополимеров. Под металлополимерами подразумевались двухфазные стабильные системы, образованные путем формирования высокодисперсных частиц металла в среде полимера [5].

В настоящее время понятие «металлополимерный материал» трактуется очень широко, хотя конкретное определение появилось в литературе совсем недавно. Академик В.А. Белый с соавторами [1] считает, что металлополимерный материал – это полуфабрикат, состоящий из полимеров и металлов, соединенных между собой неподвижно атомно-

молекулярными силами или механически, предназначенный для изготовления деталей, узлов и конструкций. Существенная черта металлополимеров как разновидности комбинированных (композиционных) материалов – наличие границы раздела между отдельными фазами [6, 8].

Металлополимерные материалы (МПМ) также, как и композиционные, можно классифицировать по следующим признакам [6]: по макроструктуре (взаимному расположению, типу и форме полимерной и металлической составляющих); по назначению; способу получения; по природе полимера.



Рисунок 1 – Схема классификации комбинированных металлополимерных материалов и покрытий

Существующие типы металлополимерных материалов конструкционного назначения можно разделить на две группы.

К первой группе относятся материалы, в которых один компонент (наполнитель) более или менее равномерно распределен в другом компоненте - основе, каркасе, матрице.

Ко второй группе относятся слоистые системы, состоящие из двух и более элементов, представляющих собой отдельные слои. Их свойства зависят не только от соотношения, и свойств отдельных компонентов слоя, но также и от взаимного расположения слоев.

Важной характеристикой композиционного материала первой группы является степень непрерывности отдельных компонентов (фаз). Если более непрерывную фазу составляет полимер, то получается, материал на основе полимера, если же более непрерывную фазу составляет металл, то основой материала будет металл [8].

На рисунке 1 представлена классификация комбинированных металлополимерных материалов и покрытий. Под металлополимерными покрытиями (МПП) подразумеваются любые однослойные покрытия, состоящие из двух или нескольких компонентов.

Металлополимерные материалы на основе полимеров. Наиболее широким и изученным классом этих материалов являются усиленные полимеры, их еще называют армированными, или наполненными. Металлы как усиливающие элементы могут присутствовать в композиции в виде порошка, волокон, сеток [6].

При использовании высокодисперсных наполнителей (порошок, короткие волокна), хаотично расположенных в матрице, получаем изотропные материалы. Механические свойства таких композитов одинаковы во всех направлениях. Ориентирование наполнителя (обычно волокон) обуславливает анизотропию свойств [8].

Дисперсные металлополимеры отличаются от обычных полимеров, наполненных металлами, способом получения и следующими свойствами: дисперсность и равномерность распределения частиц металла, природа связи поверхности частиц с макромолекулами полимеров. При получении дисперсных металлополимеров коллоидные металлы не добавляются в заранее приготовленном виде к полимерам, а образуются в среде полимера.

Для образования дисперсных композиций могут использоваться электролитический, термический, электрофлотационный и механический методы, каждый из которых имеет свои особенности.

Металлополимерные материалы на основе металлов являются менее изученными, чем композиционные материалы на основе полимеров. Металлополимеры, непрерывную фазу в которых образует металл, подразделяются на два класса: наполненные пористые каркасные системы (например, металлокерамика, наполненная фторопластом) и матричные композиции с микро- и макродобавками полимера.

Равномерное распределение полимера в металлической матрице можно получить путем электролитического или химического осаждения комбинированных покрытий из суспензий, представляющих собой растворы солей металлов с добавкой определенного количества дисперсного полимерного порошка [4].

Полимер в металлическую основу может вводиться и в виде макродобавок. При этом создаются прерывистые металлопластмассовые поверхности, используемые для противозадирной защиты подшипников при сухом трении по стали. Результаты исследования подобных поверхностей приведены в работах [2, 7].

Классификацию металлополимерных материалов по способу их формирования осуществить довольно сложно. Это связано с тем, что получение одних материалов (например, электролитических металлополимерных покрытий) возможно единственным способом – гальваническим осажде-

нием, а образование других (например, металлонаполненных пластмасс) может происходить различными способами.

В связи с этим в основу классификации способов получения МПМ и МПП (рисунок 2) положен технологический принцип, без учета конкретных композиционных материалов. Как видно из схемы, формирование МПМ и МПП возможно самыми различными методами, особенности которых будут рассмотрены далее.



Рисунок 2 – Схема классификации технологических методов улучшения МПМ и МПП

Следует признать, что предложенные классификации МПМ и методов их получения, а также некоторые термины еще далеки от совершенства. Закрепление терминологии в любой области науки и техники – очень длительный процесс, и пока общепризнанных названий МПМ не так уже много (металлопласты, металловолокниты), поэтому эти вопросы требуют дальнейшей разработки.

С учетом анализа литературных данных предлагается несложное феноменологическое объяснение роли твердосмазочных наполнителей в обеспечении износостойкости композитов при абразивном изнашивании и в условиях сухого трения скольжения. Известно, что дисульфид молибдена и графит, благодаря слоистому строению решетки, имеют высокую адгезию к металлической поверхности, поэтому быстро формируют микрослой переноса на контртеле [8]. Данный слой имеет высокую прочность, и в процессе эксплуатации трибосопряжения в условиях сухого трения скольжения происходит взаимное перемещение пластинок (чешуек) ди-

сульфида молибдена (графита), тем самым понижается трение и изнашивание деталей машин и изделий.

В условиях же абразивного износа имеет место резание матрицы частицами закрепленного абразива без заметного взаимодействия с наполнителем (вследствие несоизмеримости размеров наполнителя и зерна абразива), поэтому абразивная износостойкость тех же композитов определяется размером зерна абразива и прочностью сформировавшейся надмолекулярной структуры. Таким образом, введение частиц графита и дисульфида молибдена (MoS_2) в матрицу МПП позволяет без значительного снижения механических характеристик повысить сопротивление изнашиванию при трех различных схемах триботехнических испытаний.

Дисульфид молибдена и графит выполняют роль твердой смазочной среды в процессе изнашивания композитов, а также в условиях граничной смазки.

Наполнение матрицы МПП твердосмазочными микрочастицами графита и MoS_2 является эффективным с позиции незначительного снижения механических свойств, снижения коэффициента трения, а также повышения износостойкости. Поэтому композиты на их основе могут эффективно использоваться для узлов трения, работающих в отсутствии смазочной среды, а также при абразивном изнашивании.

Список использованных источников

1. Трибология. Исследования и приложения: опыт США и СНГ// под редакцией В.А. Белого, Н.К. Мышкина. – М.: Машиностроение. – Нью-Йорк: Аллергон Пресс. – 1993.
2. Майер Э.А., Дудченко В.К., Поддубняк А.Н., Аркатов О.Л. Сверхвысокомолекулярный полиэтилен: Новая реальность отечественной промышленности полиолефинов // Пластические массы. – 2003, №8, 3–5.
3. Panin S.V., Kornienko L.A., Sergeev V.P., Sonjaitham N., and Tchaikina M.V. Wear-Resistant Ultrahigh-Molecular-Weight Polyethylene-Based Nano- and Microcomposites for Implants // Journal of Nanotechnology. – 2012 (2012), Article ID 729756
4. Краснов А.П., Мить В.А., Афоничева О.В., Рашкован И.А., Казаков М.Е. Трибохимически активные и трибостабильные полимеры и полимерные системы // Трение и износ. – 2002 (23), № 4, 397–410.
5. Красовский А.М., Морозов И.Г., Филлипов В.А. В кн. «Композиционные полимерные материалы и их применение». Гомель, 1972, ч.1
6. Панин С.В., Корниенко Л.А., Сонджайтам Н., Иванова Л.Р., Шилько С.В. Абразивное изнашивание микро и нанокомпозитов на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена (СВМПЭ). Часть 1. Композиты на основе СВМПЭ, наполненного микрочастицами $\text{AlO}(\text{OH})$ и Al_2O_3 // Трение и износ. – 2012 (33), № 4, 233–239.
7. Белый В.А., Егоренков Н.И., Плескачевский Ю.М., Роденков В.Г. В кн. «Физико-химическая механика фрикционного взаимодействия», М., 1971.
8. www.researchgate.net/publication/268095448_Wear_Resistance_of_Composites_Based_on_Ultra_High_Molecular_Weight_Polyethylene_Filled_with_Graphite_and_Molibdenium_Disulfide_Microparticles.