

«КоммерЦъ»: Токопроводящая смазка с позиции новейшей науки

Клуб противодействия
отраслевым аферистам



Бипрон
ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

После недавнего собрания клуба «КоммерЦъ» с рассказом о новой разработке ГК «Бипрон» – токопроводящей смазке «Контакт-Макс»™ – у профессионалов в данной области возникли более глубокие и специфические вопросы. В связи с этим подготовлена новая встреча, которая посвящена актуальнейшей проблеме создания токопроводящих смазок, в частности, медной токопроводящей смазки. В статье раскрыт состав этой смазки, области применения и ее свойства. Особое внимание уделяется новым добавкам к смазкам, например, на основе ионных жидкостей и углеродных нанотрубок.

ГК «Бипрон», Московская область, г. о. Солнечногорск

В настоящее время для повышения токопроводящих свойств широко используются медные смазки, где в качестве одного из ключевых материалов присутствует, естественно, медь. В своих разработках технологи ГК «Бипрон» применяли международный и собственный многолетний опыт исследований, апробированный на медных электрических контактах со смазкой на основе комплексного лития. Данная смазка была выбрана как наиболее распространенная на мировом рынке. Именно этот состав показал лучшие низкотемпературные характеристики, длительный срок службы и устойчивость к окислению, низкое трение и лучшую реакцию к присадкам на основе комплексного лития.

Медная смазка, часто называемая противозадирным составом, представляет собой смесь, содержащую медные чешуйки или частицы. Она в основном используется для предотвращения истирания, коррозии и заедания металлических деталей, которые подвергаются воздействию высоких температур и эксплуатации в суровых условиях.

В состав медной смазки входит несколько ключевых компонентов:

- ▶ медные частицы. Они обеспечивают токопроводящие характеристики, которые делают смазку эффективной в предотвращении износа и окисления;

- ▶ загустители. Эти агенты помогают ей сохранять свою консистенцию и сцепление с металлическими поверхностями;

- ▶ базовое масло, обычно минеральное или синтетическое, действует как носитель для других компонентов;

- ▶ пластификаторы. Часто используются как вещества, которые вводят в состав полимерных материалов для придания/повышения эластичности или пластичности смеси при переработке и эксплуатации;

- ▶ добавки (различные) могут быть включены для улучшения производительности, повышения устойчивости к воде или улучшения температурной стабильности.

Медная токопроводящая смазка благодаря своей уникальной формуле широко используется в различных отраслях промышленности, например,

в следующих (которыми, впрочем, совершенно не ограничивается):

- ▶ автомобильная промышленность. Данная смазка часто наносится на тормозные компоненты, выхлопные системы и резьбовые крепежные элементы. Она помогает предотвратить ржавчину и при необходимости обеспечивает легкую разборку деталей;

- ▶ аэрокосмическая промышленность. Медная смазка необходима, когда компоненты должны выдерживать экстремальные температуры и давления. Ее часто применяют в шасси, компонентах двигателя и других критических деталях;

- ▶ производство. Если есть оборудование, которое включает скользящие или вращающиеся металлические детали, то эта смазка нужна, ведь она снижает износ, увеличивая срок службы оборудования и обеспечивая стабильную работу.

Друзья, давайте выделим одно из главных преимуществ медной токопроводящей смазки – **электрическую проводимость**. Медь, как проводящий металл, является одним из лучших выборов благодаря ее атомной структуре,

обеспечивающей движение электронов. Так как эта смазка содержит медь в качестве проводящих частиц, то необходимо разобраться, как эти частицы взаимодействуют с базовой смазкой и как это влияет на общую проводимость.

Например, влияние температуры. Этот фактор играет важную роль при оценке эффективности любой смазки. При повышенных температурах смазки могут снижать свою эффективность и уменьшать показатели проводимости, что является характеристикой их качества. Как правило, при высоких температурах смазка может истончаться, что способно потенциально повлиять на выравнивание переносящих частиц и затруднить проводимость (медь в данном случае является оптимальным решением). А при низких температурах смазка загустевает, что приводит к захвату базовым составом частиц меди ближе друг к другу, потенциально улучшая проводимость.

Для электрических соединений выбор смазки имеет решающее значение. Кстати, в выхлопных системах, где детали становятся чрезвычайно горячими, тоже может быть электрический компонент. В этих случаях проводящие свойства меди являются очень актуальными.

Кроме описанного преимущества использования медной проводящей смазки, необходимо отметить **антикоррозионные свойства**. Неоспоримо доказано, что именно этот тип смазки помогает защищать металлические поверхности от коррозии, продлевая срок службы компонентов за счет снижения износа и защиты от влаги [1].

А теперь перейдем к области улучшений и перспективных разработок.

В последнее время в мировой научной литературе опубликовано много статей о создании смазок с улучшенными свойствами на основе новых добавок. Так что это направление является многообещающим в плане научно-практической перспективы создания новых смазок.

► Так, в статье *Thermal Conductivity Characterization of Thermal Grease Containing Copper Nanopowder* изучались смазки, использующиеся в электронных устройствах. В этом исследовании нанотермопаста была приготовлена путем смешивания медного нанопорошка (который применялся в качестве теплопередающей среды

в термопастах, являющихся своего рода теплопроводящим материалом) с силиконовым маслом. Для исследования медный порошок был смешан с графеном и оксидом алюминия, а затем сравнены характеристики теплопроводности. В результате теплопроводность улучшилась на 4,5 Вт/м·К по сравнению с кремниевой основой [2].

► Для приготовления комплексной литевой смазки могут использоваться *Ketjen black (KB)*¹, ацетиленовая сажа (АВ) или углеродная сажа (СВ). Теплопроводящая смазка, приготовленная с использованием KB, имеет выраженную теплопроводящую способность при комнатной температуре, при 100 и 150 °С. Кроме того, эта проводящая смазка также обладает лучшими свойствами взаимодействия с поверхностью, чем смазки с АВ и СВ. Когда массовая доля ω (KB) составляет 1,8%, коэффициент трения и ширина износа уменьшаются на 11 и 14% соответственно [3].

► Согласно публикации *Insights into the Tribological Properties and Electrical Conductivity of Cu—C Coating Under Grease Lubrication*, покрытие Cu—C было получено на медной подложке и с его помощью изучено влияние композитной смазки, содержащей WS_2 и MoS_2 (дисульфид вольфрама и дисульфид молибдена), на ее свойства и электропроводность. Экспериментальные результаты показали, что покрытие Cu—C продемонстрировало определенные эффекты снижения трения в условиях сухого скольжения с нагрузкой 5Н. При нанесении на поверхность смазки на основе полимочевины покрытие Cu—C показало более низкие коэффициенты трения и контактные сопротивления при нагрузках 2Н и 5Н, что сопровождалось снижением скорости износа и указывает на связь между покрытием и смазкой, повышающую эффективность для снижения трения. Кроме того, включение добавок, таких как WS_2 и MoS_2 , способно эффективно снизить как трение, так и контактное сопротивление [4].

► Нанопорошок диоксида свинца, модифицированного сурьмой.

Новая теплопроводящая смазка была синтезирована с использованием нанометрового порошка, то есть SnO_2 , легированного сурьмой Sb (АТО) в качестве добавки. Типичные свойства этой новой проводящей смазки были подробно исследованы.

Результаты показывают: АТО может значительно улучшить температуру каплепадения и снизить контактное сопротивление. Вывод теста свидетельствует о том, что АТО способно существенно улучшить свойства смазки, когда его ω (АТО) составляет: 0,1% — смазка демонстрирует наилучшие свойства снижения трения; 0,5% — проявляются максимально эффективные противоизносные свойства [5].

► Углеродные нанотрубки.

Стабильная и однородная смазка на основе углеродных нанотрубок (УНТ), одностенных и многостенных, в полиальфаолефиновом масле была получена без использования химического поверхностно-активного вещества. Например, при загрузке ω 11% по весу (7% по объему) одностенных УНТ (диаметр 1–2 нм, длина 0,5–40 мкм) теплопроводность (ТС) смазки увеличивалась на 60–70% по сравнению с составом без таких нанотрубок. Кроме того, смазка является электропроводящей, имеет высокую температуру каплепадения, хорошую термостойкость и не реагирует с медью при температурах до 177 °С. Производительность смазки с углеродными нанотрубками может становиться лучше с повышением качества и чистоты нанотрубок [6].

► Ионные жидкости и их влияние на электропроводность смазок.

В статье *On Electric Conductivity of Greases* опубликовано исследование о влиянии введения ионных жидкостей в состав смазок и изменении их свойств. Оценена зависящая от температуры объемная проводимость литевой комплексной смазки, легированной различными ионными жидкостями и неионными твердыми веществами (медью и графитом), и объяснены довольно разные механизмы проводимости. Объемная ионная проводимость чистых ионных жидкостей также была измерена, что помогает в интерпретации смазок на основе ионной жидкости [7].

Ионные жидкости (ИЖ) стали жизнеспособным решением для раз-

¹ Ketjen black (KB) — это разновидность технического углерода, изготовленная с помощью очень оригинального специального производственного процесса. По сравнению с обычной теплопроводящей технической сажой, KB требует совсем небольшого количества этой добавки для достижения высокой проводимости.



Рис. 1. Медная токопроводящая смазка «Контакт-Макс»™

работки смазочных материалов нового поколения как в качестве чистых смазочных материалов, так и в качестве присадок к ним. Благодаря наличию дискретных ионов ИЖ имеют возможность создавать электропроводящие смазочные материалы, совместимые с современными условиями электропривода, что является новой стратегией для разработки смазочных систем. Проблемным вопросом в этом является достижение требуемых характеристик электрических свойств смазочных материалов, учитывая их сложную архитектуру. Объемная проводимость литиевой комплексной смазки, легированной ИЖ, оценивается и сравнивается со смазками с обычными присадками.

Для легированных ИЖ смазок сравнение с электропроводностью чистых ИЖ показывает, что в дополнение к диссоциации ионов их взаимодействие с различными компонентами смазки (базовое масло, загуститель)

имеет решающее значение для определения проводимости смазки [8].

Вместо выводов сегодняшней встречи позволим себе отметить подтвержденное высокое качество и эффективность отечественной медной токопроводящей смазки «Контакт-Макс»™ (рис. 1) и предложить коллегам-специалистам провести ее тестовое использование в условиях промышленной эксплуатации оборудования. Также выражаем готовность к совместным перспективным разработкам смазочных систем и соответствующих продуктов.

Желаем всем благотворного сотрудничества на благо нашей Родины!

Литература

1. Paul Garcia. Is Copper Slip Grease Conductive? Understanding the Science Behind this Essential Lubricant. 2024, December 13.
2. Haneul Kang, Hyunji Kim, Jihye An, Siyeon Choi, Jinho Yang, Hyomin Jeong and

Sunchul Huh. Thermal Conductivity Characterization of Thermal Grease Containing Copper Nanopowder // MDPI: [сайт]. Materials 2020, 13(8), 1893. URL: <https://doi.org/10.3390/ma13081893> (дата обращения: 03.10.2025).

3. Cao Zhengfeng, Cao Zhengfeng, Cao Zhengfeng. Conductive capacity and tribological properties of several carbon materials in conductive greases // Industrial Lubrication and Tribology. 2016. № 68(5).

4. Kuo Yang, Yanqiu Xia, Yi Zhang, Wenhao Chen & Xin Feng. Insights into the Tribological Properties and Electrical Conductivity of Cu–C Coating Under Grease Lubrication // Springer Nature: [сайт]. Volume 72. 2024. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11249-024-01855-3> (дата обращения: 03.10.2025).

5. Wei Yu, Junchang Zhao, Mingzhu Wang, Yiheng Hu, Lifei Chen & Huaqing Xie. Thermal conductivity enhancement in thermal grease containing different CuO structures. // Nanoscale Research Letters. 2015.

6. Haiping Hong, Dustin Thomas, Andy Waynick, Wenhua Yu, Pauline Smith & Walter Roy. Carbon nanotube grease with enhanced thermal and electrical conductivity // Journal of Nanoparticle Research. 2009. № 12 (2).

7. Akepati Bhaskar Reddy, Faiz Ullah Shah, Johan Leckner, Mark Rutland, and I more. On Electric Conductivity of Greases // Research Square: [сайт]. February 2022. URL: <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1296562/v1> (дата обращения: 03.10.2025).

8. Akepati Bhaskar Reddy^a, Faiz Ullah Shah^b, Johan Leckner^{c,a}, Mark W. Rutland^{d,e,f}, Sergei Glavatskih^{a,f,g}. Ionic liquids enhance electrical conductivity of greases: an impedance spectroscopy study // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. Volume 683, 20 February 2024, 132875.

Д. А. Белов, генеральный директор,
А. С. Грибанов, технический директор,
А. М. Конторов, главный химик-технолог,
ГК «Бипрон»,
Московская область, г. о. Солнечногорск,
тел.: +7 (800) 550-4944,
+7 (906) 722-2550,
e-mail: info@bipron.com,
сайты: www.npo-bipron.ru, www.bipron.com



vk.com/journal_isup
ВКонтакте



<https://t.me/isupmagaz>
Телеграм



<https://dzen.ru/isup>
Дзен

Все новости и статьи в свободном доступе