



УДК 621.73.06

**В. Е. Мельникова**  
ООО «НПЦ Моденжи»  
г. Брянск, Россия  
E-mail: info@modengy.ru  
Дата поступления 01.10.2022

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ТВЕРДОСМАЗОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ В МЕТАЛЛУРГИИ

### Аннотация

В работе рассмотрена технология твердой смазки и применение материалов, ее реализующих, в оборудовании металлургической промышленности для снижения трения, увеличения ресурса работы и обеспечения длительной защиты от коррозии. Обобщен успешный опыт использования антифрикционных твердосмазочных покрытий, антиадгезионных покрытий и твердосмазочных паст в оборудовании для холодной штамповки металлов, литья металлов и сплавов, редуцирования металла, на ковшах роботизированных комплексов для сбора гартцинка из ванны горячего цинкования, в прокатных клетях, подшипниковых узлах правильно-отрезных станков, цепных передачах подъемников, на упорной резьбе конусных дробилок металлодобывающих предприятий.

**Ключевые слова:** снижение трения, снижение износа, трение, износ, антифрикционное покрытие, твердосмазочное покрытие, защита от коррозии, надежность, ресурс, твердая смазка, сухая смазка, смазочное покрытие, противозадирная паста.

### Введение

Антифрикционные твердосмазочные покрытия от российской компании «Моденжи» предназначены для снижения трения, износа, защиты от коррозии деталей оборудования из различных сфер промышленности. Покрытия нашли широкое применение и в металлургической отрасли для повышения ресурса оборудования для литья металлов и сплавов, холодной штамповки и редуцирования металлов, повышения производительности процессов сбора отходов из ванны цинкования, монтажа и настройки дробильного оборудования на рудниках и выполнения прочих задач.

### Основная часть

О технологии твердой смазки и материалах MODENGY, ее реализующих. По мере развития технологий и появления необходимости эксплуатации узлов оборудования в экстремальных условиях, применения широкоизвестных пластичных и жидких смазочных материалов стало недостаточным для обеспечения стабильной работы механизмов.

В связи с этим набирают популярность материалы, реализующие технологию твердой смазки. Они представлены в виде порошков веществ слоистой кристаллической структуры (дисульфида молибдена, графита), некоторых полимеров (политетрафторэтилена), а также мягких металлов.

В процессе трения нанесенные на сопряженные детали порошки твердосмазочных веществ заполняют микронеровности поверхностей, формируя тонкую гладкую пленку с низким сопротивлением сдвигу и высокой несущей способностью. Благодаря этому обеспечиваются низкий коэффициент трения, защита от задиров, повышение срока службы в экстремальных режимах эксплуатации.

Антифрикционные твердосмазочные покрытия, выпускаемые под торговой маркой MODENGY (рисунок 1), содержат в своем составе высокодисперсные частицы твердых смазочных веществ, связующие компоненты, растворители и функциональные добавки.

Покрытие представляет собой суспензию, которая после нанесения на подготовленную деталь методом распыления и отверждения согласно технологической инструкции (в печи либо при комнатной температуре) формирует на поверхности прочно сцепленный с ней тонкий смазочный слой.

Этот композиционный слой представляет собой матрицу связующего вещества, в ячейках которой распределены частицы твердосмазочных веществ. Растворитель в процессе отверждения испаряется из состава покрытия.



Рисунок 1. Антифрикционные твердосмазочные покрытия MODENGY

Применение антифрикционных твердосмазочных покрытий позволяет полностью отказаться от жидких и пластичных смазочных материалов. С их помощью создаются необслуживаемые узлы трения: составы наносятся однократно и работают в течение всего срока эксплуатации изделий, обеспечивая необходимые смазывание и защиту поверхностей.

Антифрикционные твердосмазочные покрытия MODENGY эффективны в экстремальных условиях эксплуатации – при высоких контактных давлениях, высоких либо криогенных температурах, малых скоростях перемещения, воздействии химически агрессивных и коррозионно-активных сред, радиации, в вакууме. В некоторых случаях применение этих материалов позволяет отказаться от дорогостоящих сталей и сплавов. Ряд покрытий MODENGY обладает высокими антиадгезионными свойствами.

Еще одним видом материалов, реализующих технологию твердой смазки, являются пасты. Они представляют собой по-

рошки твердых смазочных веществ, распределенные в базовом масле для повышения адгезии и удобства нанесения.

Покрытия и твердосмазочные пасты MODENGY широко распространены во всех отраслях промышленности, в том числе и в металлургии.

Примеры применения антифрикционных твердосмазочных покрытий в металлургической промышленности. Антифрикционные твердосмазочные покрытия и пасты MODENGY разных марок нашли широкое применение в оборудовании металлургического комплекса. Они выполняют задачи по снижению трения, защите от образования задиров и закусываний, предотвращению налипания частиц металла на поверхности технологической оснастки и прочие.

Ковши роботизированных систем для сбора гартцинка. Предприятия, работа которых связана с технологией горячего цинкования, сталкиваются с необходимостью сбора такого отхода производства, как гартцинк или дросс. Побочный осадочный продукт, находясь в ванне цинкования, ухудшает качество создаваемого цинкового покрытия. Кроме того, он содержит в своем составе до 95 процентов цинка и может быть повторно переработан.

Для сбора гартцинка все чаще применяются роботизированные комплексы, которые позволяют автоматизировать трудоемкий процесс удаления дросса с поверхности расплавленного цинка.

Рабочими инструментами роботизированных комплексов, с помощью которых осуществляется вылавливание и извлечение гартцинка, являются металлические ковши. Дросс прилипает к их поверхностям, нарушая технологический процесс.

Для решения данной проблемы и повышения производительности работы на всю поверхность ковшей для сбора отходов в ванне цинкования наносится высокотемпературное антиадгезионное покрытие MODENGY 1054 (рисунок 2).



Рисунок 2. Ковши роботизированных систем для сбора гартцинка с покрытием MODENGY 1054

Данный материал образует на деталях устойчивый разделительный слой, который препятствует налипанию остаточных продуктов на поверхности ковша. Покрытие эффективно работает в условиях падения расплавленных капель, загазованности воздуха и высоких температур – до +650 °С. Формы для литья металлов и сплавов. Одним из наиболее распространенных способов придания металлам определенной формы является их литье. Для этого используют как одноразовые, так и многоразовые металлические емкости, повторяющие конфигурацию будущего изделия. При серийном производстве продукции целесообразно применение металлических форм, преимущественно из стали.

В процессе литья ко внутренней поверхности многоразовых форм прилипают металлы и сплавы, из-за чего усложняется выемка отлитых деталей и снижается их качество. После извлечения остывших металлических элементов на стенках форм остается некоторое количество металла, сложно поддающееся удалению.

Чтобы предотвратить прилипание, используются покрытия MODENGY, обладающие высокой термостойкостью и отличными антиадгезионными свойствами – MODENGY 1007 и MODENGY 1054 (рисунок 3).

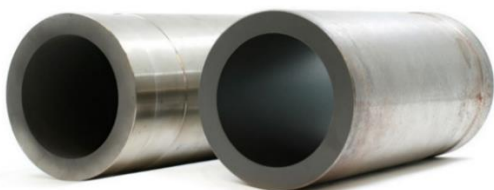


Рисунок 3. Формы для литья металлов и сплавов с покрытиями MODENGY

Устойчивый разделительный слой покрытий препятствует прямому контакту расплавленного металла и поверхности формы, благодаря чему облегчается выемка готовых изделий и обеспечивается высокое качество их поверхностей, повышается срок службы оборудования.

Оборудование для холодной штамповки металлов. Холодная штамповка заключается в деформации металла под давлением. Она осуществляется при помощи специализированного оборудования – штампов. Для направления движения плиты пресса используются колонки и втулки. В процессе штамповки направляющие детали подвергаются очень высокому трению и быстро изнашиваются. При работе в агрессивной среде на элементах образуется коррозия.

Для увеличения ресурса оборудования на колонках в втулках штампов применяется антифрикционное твердосмазочное покрытие MODENGY 1005 на основе дисульфида молибдена (рисунок 4). Оно создает гладкий слой, облегчающий скольжение и снижающий трение подвижных частей.



Рисунок 4. Колонки и втулки штампов с покрытием MODENGY 1005

Материал обладает отличными противозадирными и антикоррозионными свойствами (более 720 часов защиты от коррозии по результатам ускоренных испытаний в соляном тумане по стандарту ISO 9227), высокой несущей способностью (2500 МПа) и хорошей адгезией к металлу.

Покрытие полимеризуется при нагреве. После отверждения на поверхности втулок и колонок образуется устойчивый сухой слой, который не смещается с

места нанесения и не нуждается в обновлении на протяжении длительного времени. Благодаря применению MODENGY 1005 значительно снижается износ оборудования для холодной штамповки даже после многочисленных циклов работы.

Также, для холодной штамповки аустенитных и ферритных сталей, алюминия и его сплавов, меди и латуни, в технологических процессах глубокой вытяжки, чеканки, клеймения, гибки, холодной экс-

трузии алюминия и других металлов применяется покрытие MODENGY 1020 на основе синтетического воска.

Данное разделительное покрытие показало наилучшие результаты в процессе триботехнических испытаний на определение коэффициентов трения покоя и скольжения (рисунок 5), противоизносные и противозадирные свойства. По всем критериям MODENGY 1020 превзошло участвовавший в исследованиях зарубежный аналог, рекомендованный для применения в процессе обработки металлов.

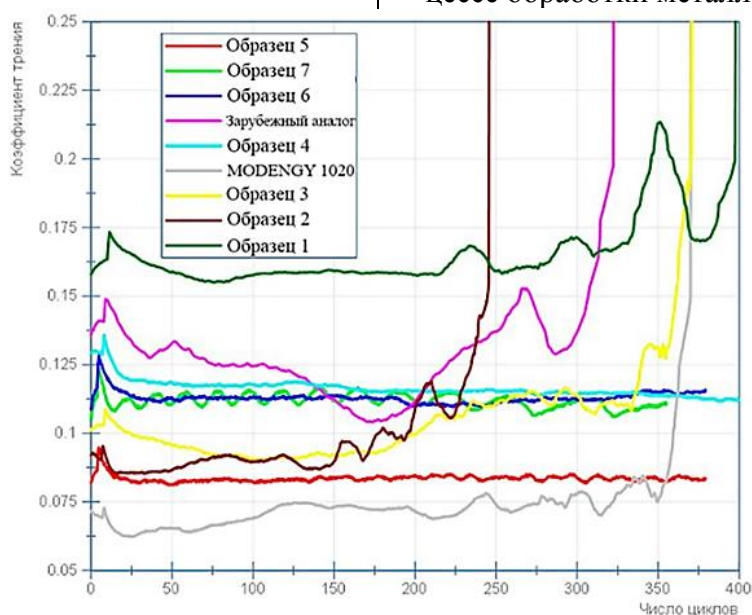


Рисунок 5. Графики изменения коэффициентов трения в зависимости от количества циклов прохода сферического индентора по смазанной поверхности

Оборудование для редуцирования металла. В процессе холодной деформации металла эффективно использование антифрикционного твердосмазочного покрытия MODENGY 1001 на основе дисульфида молибдена и графита. Оно предотвращает образование задиров и шероховатостей на редуцированных поверхностях деталей.

Покрытие наносится методом распыления из аэрозольного баллона или распылительного пистолета на металлические заготовки, поперечное сечение которых необходимо уменьшить.

Тонкий смазочный слой, который образуется на поверхности детали, предотвращает повреждение заготовки в процессе ее деформирования на станке. Как показывает практика, состояние редуцированных дета-

лей при условии применения антифрикционного покрытия MODENGY 1001 удовлетворительное – поверхности гладкие без задиров.



Рисунок 6. Упорная резьба конусной дробилки с покрытием MODENGY 1003

Конусные дробилки. Антифрикционное твердосмазочное покрытие MODENGY 1003 на основе дисульфида молибдена и графита используется для облегчения монтажа и настройки конусных дробилок на



крупных месторождениях полезных ископаемых – медно-молибденовых руд, драгоценных металлов (рисунок 6).

Материал наносится на упорную резьбу деталей, посредством которой части конструкции соединяются между собой.

В процессе монтажа конусных дробилок на резьбовые элементы воздействуют экстремально высокие нагрузки при очень низкой скорости движения деталей друг относительно друга. При сборке дробилок в таких условиях на витках резьбы возникает большое количество задиров и закусываний, детали подвергаются заеданию и сложно поддаются монтажу.

Как показывают испытания производителя конусных дробилок, обеспечить легкую сборку при полном исключении повреждения контактирующих поверхностей резьбовых частей деталей возможно только при условии применения твердосмазочного покрытия. Пластичные смазочные материалы не способны обеспечить разделительную пленку, работоспособную в условиях высоких нагрузок при медленном скольжении – на деталях образуется большое количество закусываний.

Благодаря высокой несущей способности, противозадирным свойствам, сухой текстуре покрытие MODENGY 1003 обеспечивает штатную сборку конусных дробилок. Слой покрытия не вытесняется из зоны контакта, не притягивает пыль и другие мелкие частицы (не стимулирует абразивный износ).



Рисунок 7. Нанесение покрытия MODENGY 1003 на резьбу конусных дробилок

Нанесение антифрикционного твердосмазочного покрытия на детали конусных дробилок осуществляется в полевых условиях – на территории предприятий по

добыче полезных ископаемых непосредственно перед началом монтажных работ (рисунок 7). MODENGY 1003 не требует нагрева для полимеризации и готово к работе спустя 12 часов после нанесения.

Прокатные клетки. MODENGY 1001 наносится на бронзовые втулки прокатных клеток в качестве разделительного покрытия для предотвращения сцепления их поверхностей с чугунными прокатными шайбами и валами из высоколегированного стального сплава под воздействием высокого давления.

Применение покрытия позволяет обеспечить стабильность процессов запрессовки и распрессовки прокатных шайб с рабочих валов без «залипания», увеличить срок службы деталей.

Станки СПО. Подшипниковые узлы правильно-отрезных станков, а также цепные передачи подъемников преждевременно изнашиваются из-за высокого трения. Для обеспечения стабильной работы и повышения ресурса деталей применяется твердосмазочная паста на основе дисульфида молибдена MODENGY 4002 (рисунок 8).

Результатами испытаний на технологическом оборудовании цеха горячего цинкования была доказана целесообразность применения данного материала для снижения трения. Испытания проводились при нагрузке, соответствующей условиям эксплуатации оборудования. Температура при работе подшипникового узла находилась в диапазоне от +55 °С до +68 °С. Паста испытывалась на антифрикционные и противозносные свойства, текучесть при воздействии повышенных температур.

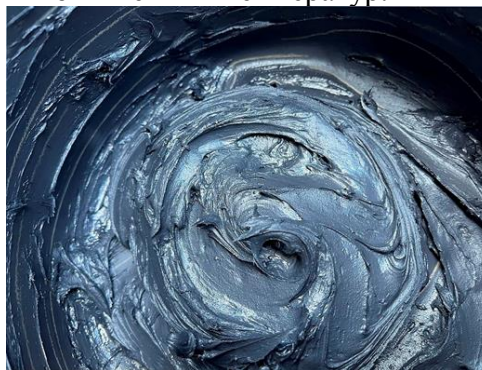


Рисунок 8. Твердосмазочная паста MODENGY 4002

После успешного прохождения пастой указанных испытаний было принято решение о ее применении на оборудовании металлургического предприятия.

### Заключение

Применение антифрикционных твердосмазочных материалов MODENGY обеспечивает поверхностям уникальный комплекс триботехнических и защитных свойств, что позволяет эффективно управлять трением, повышать ресурс и эффективность работы оборудования металлургических предприятий.

### Библиографический список

1. Modengy. Modengy – покрытия для снижения трения: [сайт]. URL: <https://modengy.ru/about/> (дата обращения 19.11.2022).
2. Технология твердой смазки MODENGY: новые возможности в России [Электронный ресурс] URL: <https://modengy.ru/articles/novye-vozmozhnosti-po-primeneniyu-tekhnologii-antifriktsionnykh-tverdostmazochnykh-pokrytiy-v-nashey-/> (дата обращения 20.11.2022).
3. Определение триботехнических свойств разделительных покрытий для холодной штамповки, разработанных ООО "Моденжи". [Электронный ресурс] URL: <https://modengy.ru/information/our-tests/tribotekhnicheskie-ispytaniya/opredelenie-tribotekhnicheskikh-svoystv-razdelitelnykh-pokrytiy-dlya-kholodnoy-shtampovki-razrabotan/> (дата обращения 23.11.2022).
4. Сентюрихина, Е.М. Твердые дисульфидмолибденовые смазки / Е.М. Сентюрихина, Л.Н. Опарина. - М.: Химия, 1966. - 144 с
5. Гаврилов, К.В. Оценка антифрикционных свойств твердосмазочных покрытий для юбки поршня высокофорсированного дизеля / К.В. Гаврилов, А.В. Морозов, М.В. Селезнев, Ю.В.
6. Гаврилов К. В., Морозов А. В. и др. Оценка антифрикционных свойств твердосмазочных покрытий для юбки поршня высокофорсированного дизеля // Трение и износ. – 2020 – Том 41, №5. – С.647-654.
7. Прудников, М.И. Эффект применения антифрикционных твердосмазочных покрытий для деталей клапанов ТЭС / М.И. Прудников, А.В. Чекмодеев // Трубопроводная арматура и оборудование. – 2017 – №6(93). – С. 78-79.

---

### Information about the paper in English

**V.E. Melnikova**  
LLC Modengy Scientific and Production Center  
Bryansk, Russia  
E-mail: [info@modengy.ru](mailto:info@modengy.ru)  
Receipt date: October 01, 2022

### RELEVANCE OF APPLYING ANTI-FRICTION SOLID LUBRICATING COATINGS IN METALLURGY

#### Abstract

The paper describes the solid lubrication technology and materials used in metallurgical equipment to reduce friction, increase operational life and ensure a long protection against corrosion. It summarizes successful experience of using anti-friction solid lubricating coatings, anti-adhesion coatings and solid lubricant pastes in equipment for cold stamping of metals, casting of metals and alloys, reducing metals, on buckets of robotic complexes to collect hard zinc from the hot dip galvanizing bath, in rolling stands, bearing assemblies of straightening and cutting machines, chain belts of lifting equipment, and buttress threads of cone crushers at metal mining enterprises.

**Keywords:** reduced friction, reduced wear, friction, wear, anti-friction coating, solid lubricating coating, protection against corrosion, reliability, resource, solid lubricant, dry lubricant, lubricating coating, anti-scuffing paste.

---