

ФОРМИРОВАНИЕ ТВЕРДОСМАЗОЧНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ДЕТАЛЯХ МАШИН

Никитин Виктор Юрьевич, магистрант
Научный руководитель: к.т.н. Гилета Виктор Павлович
Новосибирский государственный технический университет
nikitin.2013@stud.nstu.ru

Смазка обеспечивает работу машин и механизмов. Она может применяться, как в жидком, так и в твердом состоянии. При использовании смазочных композиций на основе жидких смазок с добавлением графита или дисульфида молибдена имеет место эффект выпадения в осадок твердых смазок из-за разной плотности жидкой основы и твердой смазки, что существенно сужает эффективность использования триботехнических свойств смазки. Улучшение антифрикционных свойств узлов трения может быть достигнуто при гарантированном наличии твердой смазки на трущихся поверхностях. Эту задачу решают разными способами:

- Нанесением ТСП окунанием детали в суспензии;
- Нанесением кистью или валиком;
- Обработкой в галтовочных аппаратах;
- Натиранием.

Необходимое условие закрепления смазочного материала – создание хорошей адгезии между поверхностями детали и смазочного слоя. Адгезия определяет склеивание твердых тел — субстратов — с помощью клеящего вещества — адгезива, а также связь покрытия с основой. Адгезия смазки с поверхностью детали играет также важную роль в процессе трения. В случае одинаковой природы соприкасающихся поверхностей следует говорить об аутогезии (автогезии), которая лежит в основе многих процессов переработки полимерных материалов.

Адгезия обусловлена физическим и химическим взаимодействием активных групп связующего с активными центрами на поверхности подложки. При низкой адгезии смазочного покрытия к поверхности пленки смазка будет легко удаляться, то есть покрытие будет недолговечным, с низкими защитными и механическими свойствами. Огромное значение для повышения адгезии смазки к подложке играет правильная подготовка поверхности перед нанесением смазочного покрытия. Чтобы увеличить адгезию пленки к поверхности детали, последняя часто подвергается механической активации [1].

Адгезия двух твердых тел из-за неровностей поверхностей и соприкосновения лишь в отдельных точках, как правило, мала. Однако высокая адгезия может быть достигнута и в этом случае, если поверхностные слои контактирующих тел находятся в пластическом или высокоэластичном состоянии и прижаты друг к другу с достаточной силой.

Методы определения адгезии и аутогезии.

К прямым методам определения адгезии относят:

- Метод одновременного отрыва одной части адгезионного соединения от другой по всей площади контакта;
- Метод постепенного расслаивания адгезионного соединения.

При первом способе разрушающая нагрузка может быть приложена в направлении, перпендикулярном плоскости контакта поверхностей (испытание на отрыв) или параллельном ей (испытание на сдвиг). Отношение силы, преодолеваемой при одновременном отрыве по всей площади контакта, к площади называется адгезионным давлением, давлением прилипания или прочностью адгезионной связи (н/м^2 , дин/см^2 , кгс/см^2). Метод отрыва дает наиболее прямую и точную характеристику прочности адгезионного соединения, однако применение его связано с некоторыми экспериментальными затруднениями, в частности с необходимостью строго центрированного приложения нагрузки к испытываемому образцу и обеспечения равномерного распределения напряжений по адгезионному шву.

Отношение сил, преодолеваемых при постепенном расслаивании образца, к ширине образца называется сопротивлением отслаиванию или сопротивлением расслаиванию (н/м , дин/см , гс/см); часто адгезию, определяемую при расслаивании, характеризуют работой, которую необходимо затратить на отделение адгезива от субстрата (дж/м^2 , эрг/см^2) ($1 \text{ дж/м}^2 = 1 \text{ н/м}$, $1 \text{ эрг/см}^2 = 1 \text{ дин/см}$).

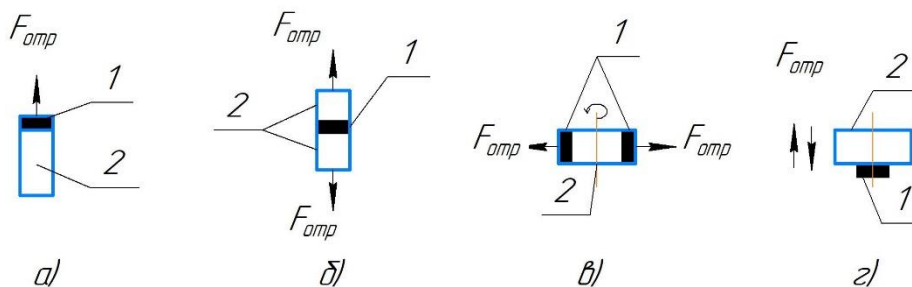


Рисунок 1 - Методы определения адгезионной прочности пленки путем одновременного отрыва: а), б) – под действием внешней силы; в) – центрифугированием; г) вибрацией; 1 – адгезив; 2 субстрат

Определение адгезии расслаиванием более целесообразно в случае измерения прочности связи между тонкой гибкой пленкой и твердым субстратом, когда в условиях эксплуатации отслаивание пленки идет, как правило, от краев путем медленного углубления трещины. При адгезии двух жестких твердых тел более показателен метод отрыва, т. к. в этом случае при приложении достаточной силы может произойти практически одновременный отрыв по всей площади контакта.

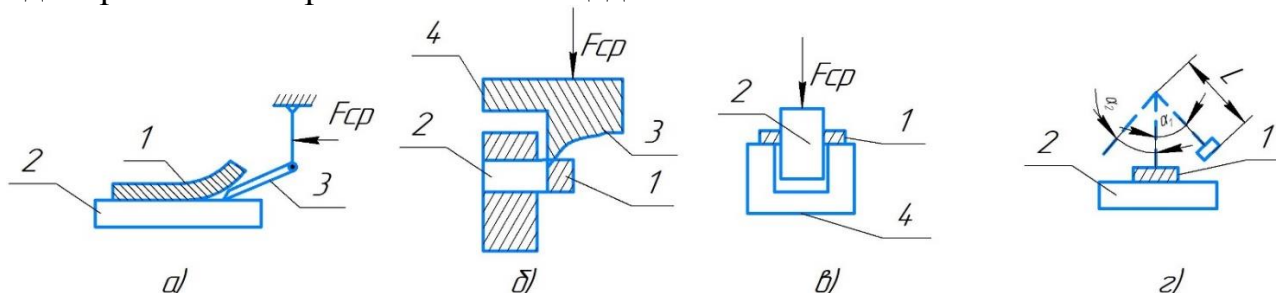


Рисунок 2 – Методы определения адгезионной прочности путем среза (а, б, в) и сдвига (г): 1 – адгезив; 2 – субстрат; 3 – резец; 4 – кондуктор.




Также существуют косвенные методы определения адгезионной прочности:

- Без нарушения площади контакта (царапание, надрез);
- С нарушением площади контакта (многократный изгиб; деформация адгезива сжатием и растяжением, изгибом, скручиванием; прокатка; удар)

При помощи метода многократного изгиба поверхности с нанесенной пленкой может произойти адгезионное или когезионное разрушение целостности пленки. Показателем характеризующим адгезию или когезию пленок, является число циклов изгиба.

Сущность метода решетчатых надрезов заключается в нанесении на готовое покрытие решетчатых надрезов и визуальной оценке состояния покрытия по четырехбалльной системе (табл).

Таблица – четырехбалльная система оценки адгезии

Балл	Описание поверхности покрытия после нанесения надрезов в виде решетки	Внешний вид покрытия
1	Края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки	
2	Незначительное отслаивание покрытия в виде мелких чешуек в местах пересечения линий решетки. Нарушение наблюдается не более, чем на 5 % поверхности решетки	
3	Частичное или полное отслаивание покрытия вдоль линий надрезов решетки или в местах их пересечения. Нарушение наблюдается не менее, чем на 5 % и не более, чем на 35 % поверхности решетки	
4	Полное отслаивание покрытия или частичное, превышающее 35 % поверхности решетки	

В работе использовались цилиндрические образцы диаметром 20 мм, из стали 45. Образцы предварительно шлифовались на станке и формировались три участка с шероховатостью: Ra 0.76 мкм, Ra 0.12 мкм и Ra 1.39 мкм (рисунок 1)



Рисунок 1 – Исходная поверхность:

1, 2 пояс - Ra 0.76 мкм, 3 пояс - Ra 0.12 мкм, 4, 5 пояс - Ra 1.39 мкм

После чего наносилось смазочное покрытие порошком графита методом натирания [2]. После нанесения определялась толщина покрытия на трех

участках поверхности испытуемого образца, при этом различие в толщине покрытия по длине образца не превышало 10 %. Исследования показали, что методом натирания обеспечивает удержание частиц графита в наиболее глубоких впадинах микрорельефа (рисунок 2)



Рисунок 2 – Поверхность с нанесенным смазочным слоем:
1, 2 пояс - Ra 0.75 мкм, 3 пояс - Ra 0.12 мкм, 4, 5 пояс - Ra 1.32 мкм

Адгезия твердосмазочного покрытия оценивалась методом решетчатого надреза. Для нанесения надрезов использовалось лезвие с углом заточки 30°. Испытанию подвергались 3 участка поверхности с указанной ранее шероховатостью. На каждом испытуемом участке выполнялась сетка надрезов с расстоянием между соседними линиями 5 мм, как в окружном, так и в осевом направлениях, при этом первый надрез выполнялся на расстоянии от края 5 мм. Скорость резания (проведения решетчатого надреза) была 20 мм/с. В результате на покрытии была образована решетка из квадратов одинакового размера (рисунок 3).

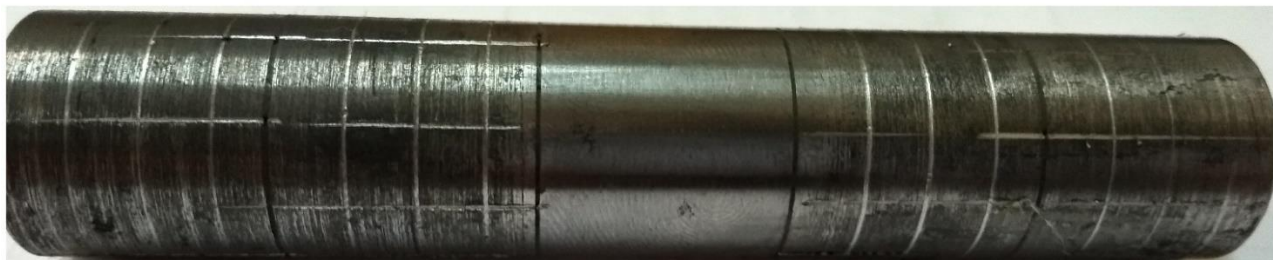


Рисунок 3 – Фотография сетки царапин покрытия

Исследование состояние покрытий по границам надрезов и в пределах ячейки показало, что методом натирания графитового порошка на образец образует хорошую адгезионную связь смазочного слоя с поверхностью детали, поскольку края надрезов полностью гладкие, нет признаков отслаивания ни в одном квадрате решетки. Изучение состояние трех участков с разной шероховатостью показало, что наиболее оптимальной в исследуемом диапазоне высоких параметров шероховатости является поверхность с Ra 0,45...0,8 мкм, поскольку обеспечивает наибольшую толщину смазочного покрытия. Увеличение шероховатости поверхности для создания более толстых слоев твердосмазочных покрытий в узлах трения нецелесообразно, поскольку они имеют малую опорную поверхность и значительно изнашиваются в процессе приработки.

Опыты показали, что использование метода сухого натирания графита для создания смазочного покрытия на поверхностях с низкой шероховатостью

нецелесообразно, поскольку, практически не позволяет сформировать смазочный слой на поверхности детали. Поэтому для таких поверхностей необходима разработка технологии формирования смазочных пленок использование пленкообразующих веществ. Улучшения свойств покрытия может быть достигнуто применением упрочняющей ультразвуковой обработки.

Литература

1. Каргин В.А., Акутин М.С., Вонский Е.В., Евстратов В.Ф., Ениколопян Н.С., Кабанов В.А., Коршак В.В., Котон М.М., Кренцель Б.А., Лакшвер А.Б., Смирнов В.С., Слонимский Г.Л., Якубович С.В. Энциклопедия полимеров Т. 1 – Издательство «Советская энциклопедия», 1972. – 1224 с.

2. Никитин В.Ю., Иванова М.В., Кадырбаев Р.М. Использование лаковых композиций для нанесения твердо-смазочных покрытий – Сборник трудов III Всероссийская молодежная научно-практическая школы [Электронный ресурс]/ Под ред.: В.Ю. Блюменштейн [и др.]. – Кемерово: КузГТУ, 2017. – 202-1