

ИОННО-ПЛАЗМЕННОЕ УПРОЧНЕНИЕ ПОДШИПНИКОВЫХ СТАЛЕЙ

БНТУ, Минск, Республика Беларусь

В последнее время во всем мире широкое распространение получают исследования в области нанотехнологий. Это объясняется особым комплексом физико-химических свойств, регистрируемым в материалах с уменьшением размеров зерна структуры до значения менее 0,01 мкм. Большие перспективы применения таких материалов имеются в технологии машиностроения для многократного повышения служебных характеристик (износостойкость, жаростойкость, антифрикционность и т.д.). Однако в машиностроении основной интерес представляют наноструктурные покрытия толщиной 5..20 мкм.

В корпусе двигателя и шатуне работают вращающиеся валы, такие как коленчатый, распределительный, ось коромысла и уравновешивающий вал. Подшипники скольжения служат для них опорой. Удельная нагрузка на единицу площади подшипника за последние годы значительно увеличилась, особенно это касается коренного и шатунного подшипников. Так, в дизельных двигателях с прямым впрыском удельное давление на единицу площади подшипника достигает 120 Н/мм².

Традиционные подшипники с двойным и тройным вкладышем, с гальваническим антифрикционным слоем не выдерживают такой нагрузки. Вместе с тем, двигатели внутреннего сгорания постоянно совершенствуются, удельная мощность двигателей растет, при этом размеры уменьшаются, следовательно, и размеры подшипников также должны стать меньше. В то же время интервалы смены масла в современных конструкциях двигателей постепенно увеличиваются [1].

Современные двигатели требуют применения материалов с более высокой усталостной прочностью и износостойкостью

особенно на участках полусухого трения. В то же время необходима антикоррозионная устойчивость и при высоких температурах.

Одним из основных физических параметров материала подшипника является свойства его поверхности. Поверхностные слои, толщиной от нескольких нанометров до нескольких микрометров часто оказывают более сильное влияния на общие свойства материала или изделия, чем весь остальной материал изделия. Поверхность материала – это часть объекта, через которую он взаимодействует с окружающей средой, поэтому в науке и технологии ей сейчас уделяется самое пристальное внимание. В некоторых случаях свойства поверхности имеют приоритетное значение для изделия в целом, и добиться необходимых параметров можно лишь с применением специальных химических и физических эффектов, что способствует созданию новых технологий, веществ, новых потребительских качеств изделий [2].

Особый вид подшипников представляют собой подшипники с трехслойным вкладышем и покрытием поверхности скольжения, нанесенным не гальваническим способом, а при помощи катодного распыления, т.е. ионно-плазменного напыления. Процесс нанесения покрытия производится в глубоком вакууме. В сосуде с небольшим количеством инертного газа находится анод, катод с металлическим покрытием и подшипник с тройным вкладышем, на который будет наноситься покрытие. Между анодом и катодом подается напряжение. Электроны ускоряются в сторону анода и ионизируют при этом атомы инертного газа. Положительно заряженные атомы инертного газа ускоряются в сторону катода и выбивают атомы из металлического покрытия катода. При этом высвобождаются вторичные электроны, которые в свою очередь ионизируют атомы инертного газа. Получается смесь из свободных электронов, положительных ионов и нейтральных частей инертного газа, так называемая стационарная плазма. Выбитые из металлического покрытия катода нейтральные атомы оседают на поверхности

подшипника, образуя тонкий, но прочный слой металлического покрытия. Готовое покрытие имеет мелкозернистую, высокодисперсную структуру и отлично держится на несущей основе. За счет мелкой величины зерна полученный слой обладает значительной прочностью, высоким пределом прочности при растяжении и износостойкостью.

Нанесение защитных и декоративных покрытий с использованием вакуумных ионно-плазменных (магнетронного, конденсации с ионной бомбардировкой – КИБ) методов напыления является одним из самых современных способов обработки поверхности. Эти методы пользуются большой популярностью благодаря экологической чистоте производства и высокому качеству получаемых декоративно-защитных плёнок.

Используя вакуумные методы нанесения защитно-декоративных покрытий, можно формировать поверхностные плёнки из различных металлов и их соединений: титана, циркония, алюминия, серебра, хрома, никеля, ниобия, тантала, нержавеющей стали, нитрида титана (TiN_x), нитрида циркония (ZrN_x), оксида титана (TiO_x), оксида циркония (ZrO_x), оксида алюминия (Al_2O_3), оксикарбида титана (TiC_xO_y), оксикарбида циркония (ZrC_xO_y), карбонитрида титана ($Ti_xN_yC_z$), карбонитрида циркония ($Zr_xN_yC_z$) и т.д. [3].

По сравнению с другими методами нанесения покрытий, данный метод обладает рядом следующих преимуществ:

- получение покрытий при температуре подложки 80..100 С°;
- простая технология получения интерметаллидов, а также нитридов и карбидов стехиометрического состава;
- толщина покрытий может варьироваться от 0,01 до 20 мкм;
- равномерное нанесение покрытий на детали сложной геометрической формы;
- покрытие не нуждается в финишной обработке.

Покрытия, полученные методом ИПН, могут быть использованы для самых различных целей:

– для снижения различных видов износа, снижения или повышения коэффициента трения, повышения противозадирных свойств и исключения схватывания, в том числе при эксплуатации в условиях повышенных температур, вакуума, специальных сред и т.д.;

– для повышения коррозионной стойкости деталей в различных специальных средах, в том числе и при повышенных температурах;

– для обеспечения заданных свойств по отражению или поглощению электромагнитных волн миллиметрового, сантиметрового и других диапазонов;

– для обеспечения заданных электротехнических свойств на непроводящих материалах;

– для обеспечения заданных поглощательных, излучательных или отражательных свойств излучений оптического и инфракрасного диапазонов;

– для защиты материалов от воздействия ультрафиолетового и другого проникающего излучения;

– для замены покрытий, получаемых гальваническим и химическим осаждением, на покрытия из тех же материалов, но более высокого качества с использованием экологически чистых производств;

– для придания поверхности нужных декоративных свойств различной цветовой гаммы с обеспечением высокой прочности сцепления, стойкости к износу и коррозии;

– для придания защитно-декоративных свойств медицинским инструментам, коронкам, протезам и т.д. с имитацией цвета драгоценных металлов при существенном повышении медико-биологических свойств этих медицинских изделий;

– для получения покрытий различной цветовой гаммы и нужным уровнем светоотражения на стеклах;

– для получения покрытий других специальных назначений.

На высоконагруженных участках применяются пары подшипников, состоящие из подшипника с ионно-плазменным

напылением и традиционного подшипника с трехслойным вкладышем. Более высокую нагрузку берет на себя подшипник с ионно-плазменным напылением, более низкую – обычный подшипник. Например, в шатунном подшипнике в направлении штока устанавливается подшипник с ионно-плазменным напылением, в направлении крышки подшипника – обычный подшипник с трехслойным вкладышем. В коренном подшипнике – наоборот: в направлении крышки подшипника устанавливается подшипник с ионно-плазменным напылением, а в направлении блока цилиндров – обычный подшипник.

Причиной тому является высокая стоимость процесса нанесения ионно-плазменного покрытия. К тому же на участках, где нагрузка не так велика, такой подшипник не требуется. Вторая причина – высокая жесткость покрытия, делающая невозможным впитывание масляных загрязнений. Более мягкий традиционный подшипник с трехслойным вкладышем впитывает возможные загрязняющие частицы в свой гальванизированный слой заливки и делает их неопасными для двигателя [2].

Подшипники с ионно-плазменным напылением установлены в следующих двигателях: Audi/VW Serie TDI (1,9 / 2,0 / 2,5 / 4,0 / 5,0 l), бензиновые двигатели Audi (6,0 l (W12) / 1,8 l (225 PS)), MAN: D2865, грузовые автомобили Mercedes-Benz: BR 400, BR 500, BR 900, легковые автомобили Mercedes-Benz: CDI-Motoren BR 600, PSA Serie HDI: 1,4 / 1,6 / 2,0 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Нитрид Титана. – Режим доступа: <http://www.nitridtitana.ru>.

2. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / Плазменное напыление МегаМир. – Режим доступа: <http://www.plasma.megamir.ru>.

3. Национальный Интернет-портал Республики Беларусь [Электронный ресурс] / НПФ «ПЛАЗМАЦЕНТР». – Режим доступа: <http://www.plasmacentre.ru>.