

ХРОМИРОВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

Г.А. Околович, О.С. Ларещева

Снижение износа поршневого кольца, особенно первого, находящегося в наиболее тяжелом положении, достигается путем нанесения на рабочую поверхность прочного износостойчивого слоя хрома. Хромовое покрытие обладает рядом достоинств:

- высокая твердость: материал покрытия значительно тверже материала колец, гильзы и абразивных частиц, падающих в двигатель с воздухом. Хромовое покрытие существенно уменьшает износ вследствие истирания;

- высокая температура плавления хрома – 1920°C, что на 650°C выше температуры плавления серого чугуна и на 180°C выше температуры плавления стали. Это определяет:

- низкую склонность хромового покрытия к спеканию и заеданию;

- малый коэффициент трения хрома по чугуну и стали, что снижает потери на трение при отсутствии слоя смазки;

- высокую коррозионную стойкость хромового покрытия.

Однако наряду с достоинствами такому покрытию присущи недостатки: оно трудно прирабатывается, имеет низкую теплостойкость, из-за чего при работе происходит его растрескивание; плохо удерживает на своей поверхности масло.

Обычная технология выполнения хромового покрытия на кольце позволяет наносить слой толщиной 0,15–0,25 мм для двигателей с диаметром цилиндра 150–350 мм, максимальная толщина покрытия может быть 0,5 мм.

Хромовый слой имеет высокие внутренние напряжения, которые возрастают с увеличением толщины покрытия. При определенных обстоятельствах микротрещины превращаются в макротрещины. Толщина такого слоя не достаточна для обеспечения ресурса износа. Предприняты попытки в разработке технологии, которая обеспечивает нанесение слоя без сколов покрытия большой толщины. Таким примером является разработка фирмой Гетце так называемого хромового покрытия типа Sandwich, которое имеет толщину слоя около 1 мм. Этим достигается необходимый резерв износа, который обеспечивает потребный ресурс кольца. При данном способе макротрещины избегаются в результате послойного хромирования различными вариантами хромовых слоев. Каждый отдельный слой имеет только известные неопасные трещины. Испытания таких колец еще не за-

кончены. Они хорошо себя зарекомендовали и дают ресурс на среднеоборотных двигателях 20 тыс. часов.

Обычно в двигателях применяют только первые компрессионные кольца с хромовым покрытием. Иногда в дизельных высокооборотных двигателях устанавливают несколько хромированных колец, в том числе и скребков маслосъемных колец. Применение первого хромированного кольца уменьшает износ рабочей поверхности цилиндра на 50% и износ кольца на 30% по сравнению с нехромированными кольцами.

Пористое хромирование. При этом способе кольцо сначала покрывается сплошным слоем твердого хрома; нанесенный слой хрома дополнительно искусственно разрыхляется во внешней зоне обычно на одну четверть или одну пятую толщины всего слоя и, тем самым, делается пористым и способным удерживать масло. Как правило, это осуществляется переменной направленности тока в хромовой ванне в конце процесса хромирования, вследствие чего из слоя хрома удаляются отдельные особо ориентированные кристаллы и, в зависимости от интенсивности процесса хромирования, возникает как бы пронизанный булавочными уколами (“булавочное” или “точное”) или же испещренный трещинами слой хрома (“сетчатое хромирование”). По другим способам создание шероховатости осуществляется химическим путем или же механически, например, рифлением, обдувкой песком и т. п.

Преимущество слоев пористого хрома состоит в следующем: разрыхленная, пористая, рубцеватая или шероховатая внешняя зона в эксплуатации сравнительно быстро истирается в местах высокого удельного давления; однако заеданию препятствует скопившееся в порах смазочное масло. При правильно выбранной пористости мелкие, но твердые продукты истирания, вместе со смазочным маслом, находящимся в порах, образуют шлифовальный или полировальный материал, который способствует быстрой притирке кольца в цилиндре. После известного периода приработки пористый слой оказывается снятым, приработка заканчивается, и плотный слой твердого хрома, лежащий под пористым слоем, препятствует дальнейшему прогрессивному увеличению износа. При этом способе хромирования нет нужды предъявлять чрезмерно повышенные требования к точности выполнения кольца; распределение радиальных давлений и плот-

ность прилегания (на просвет) должны соответствовать таковым в кольце нормального качества. Далее, применение пористохромированных колец целесообразно в том случае, если обработка внутренних поверхностей цилиндров не очень точна или они изношены, и кольца должны быстро приработаться к неточной форме цилиндра. При недостаточной смазке колец этот способ также может обладать преимуществами.

С другой стороны, следует сказать, что создание шероховатости или придание пористости внешнему слою хрома таит в себе также некоторую опасность. Вполне возможно, что из разрыхленного слоя хрома со временем могут отделиться и крупные частички, которые, попав между поверхностями скольжения, могут привести к большим повреждениям.

Твердое хромирование. Поэтому несомненно лучше – и это уже в основном осуществляется в области малых поршневых колец и все более внедряется при хромировании больших колец – оставлять слой твердого хрома цельным, ненарушенным. Что касается затруднений приработываемости колец с такими слоями хрома, то с этим мирятся и стремятся устранить этот недостаток другими путями.

Кольца, предназначенные для такого хромирования, подвергаются на рабочей поверхности либо грубой обточке, либо чистой и гладкой обточке или же шлифуются.

Если рабочую поверхность кольца оставляют в состоянии, какое она имеет после хромовой ванны, то кольца ни в какой мере не соответствуют предъявляемым требованиям в отношении их уплотняющей способности. Во время приработки, которая длится примерно в 3-5 раз дольше, чем для нормальных колец, расход масла превышает нормальный на 30-300%. Тем не менее принимая во внимание дешевизну колец, иногда мирятся с таким перерасходом масла. Однако в итоге применение таких колец неэкономично и не рекомендуется.

Мгновенное хромирование. Ради полноты здесь следует упомянуть еще о так называемом “мгновенном хромировании”. При этом способе кольца обычного качества, без особой точности изготовления, покрываются тонким слоем твердого хрома толщиной лишь 0,02-0,03 мм. Результаты работ с такими кольцами в общем не вполне удовлетворительны. При таких толщинах слоев едва ли возникает опасность повреждения цилиндра бугорками хрома; тем не менее, приработываемость колец остается плохой; вследствие меньшей точности нельзя избежать недопустимо высокой утечки газов, связанной с сильно увеличенным расходом масла. Отсюда

понятно, почему этому способу не придают большого значения.

Подготовка колец к хромированию. Очень точная и, прежде всего, чистая работа необходима при подготовке колец к хромированию. Кроме того, хромирование предполагает полную осведомленность в общих проблемах производства поршневых колец и в требованиях, предъявляемых к кольцам.

Для хромирования более всего пригодны цилиндрические или слегка конические кольца с прямым или косым замком. Усложненные профили колец или замков затрудняют работы по хромированию и делают их значительно дороже. Паза для стопорных штифтов, которые прорезают также и рабочую поверхность кольца, лучше всего вырезать на шлифовальном станке после хромирования колец.

Для клинообразных колец расточка или шлифование торцовых поверхностей на конус также производится лишь после хромирования.

Безупречные хромированные кольца можно получить только в том случае, если подлежащие хромированию кольца в процессе хромирования сжаты в правильную форму круга и если слой хрома наносится по контуру совершенно равномерно. Дело в том, что внутри слоя хрома возникают значительные напряжения, которые делают невозможным последующее сжатие колец в правильную круглую форму, если это сжатие не произвести в процессе хромирования. Все кольца, подлежащие хромированию, подвергаются точному визуальному контролю. Кольца даже с незначительными различиями пороками материала на поверхностях, которые должны покрыться хромом, должны браковаться, в противном случае, получаются дефектные слои хрома и пропадает зря дорогая работа по хромированию.

Требуется большой опыт в цехах хромирования, чтобы достигнуть образования наиболее благоприятного слоя хрома, самое строгое наблюдение и соблюдение всех факторов, обуславливающих качество хромового покрытия (плотность тока, температура электролита, концентрация хромовой кислоты и побочной (серной) кислоты), чтобы гарантировать постоянные хорошие результаты и низкий процент брака.

После хромирования водород, поглощенный в ходе процесса и делающий кольца хрупкими и ломкими, должен быть удален; это осуществляется многочасовым кипячением в воде или масле или нагреванием до 180° на воздухе.

Цилиндрические кольца, которые должны прилегать по всей своей высоте, часто испытываются с помощью приборов “Солекс”;

они должны при вставлении в контрольное кольцо и при использовании специальной контрольной форсунки **А** давать высоту водяного столба максимум 270 мм.

Твердохромированные кольца должны поступать на сборку только в том случае, если они хорошо уплотняют по всему контуру. Было бы совершенно бессмысленным монтировать кольца, которые при притирке не показывают совершенного прилегания или которые при контроле в кольцевом калибре дают просвет. Необходимо настоятельно предостеречь от применения таких колец, так как кольцо, пропускающее газы вследствие своей неудовлетворительной прирабатываемости, быстро повреждается настолько сильно, что становится непригодным. Кроме того, при неплотных кольцах непомерно возрастает расход масла.

Твердое хромовое покрытие должно обладать следующими свойствами.

Слой хрома должен прочно сцепляться с основным материалом кольца. Прочность сцепления должна превышать прочность на сдвиг внутри слоя хрома, так как отделившиеся частицы слоя, попадающие между трущимися поверхностями, могут вызвать разрушительные последствия. Сцепление слоя хрома не должно нарушаться коррозией, возникающей под слоем хрома.

Кроме того, хромовое покрытие должно удовлетворять следующим требованиям.

Высокая равномерная твердость HV 950-1100.

Равномерная толщина по всему контуру, в том числе на концах кольца (если только они не должны, как в двухтактных двигателях, осаживаться); плавный переход к другим толщинам на кромках – фасках или закруглениях.

Сплошная плотность слоя; отсутствие газовых пор или посторонних включений.

Стали являются более подходящим материалом для хромирования, чем серый чугун, и в обоих случаях легированные материалы более, чем легированные. Из сортов

серого чугуна более бедные графитом и плотные лучше поддаются хромированию, чем богатые графитом и рыхлые. Поры, рыхлые места и большие графитные гнезда могут вызвать значительные затруднения при твердом хромировании.

Если хромирование не удалось, то слой хрома можно легко либо растворить в разбавленной соляной кислоте (одна часть HCl 22° Be и две части воды, причем рекомендуется добавлять присадки для уменьшения разъедания основного материала), либо удалить электрохимическим способом. Кольца с удаленным хромовым покрытием (расхромированные кольца) можно хромировать заново.

В настоящее время при расчетах толщины покрытия и числа хромированных колец на каждом поршне используются данными, приведенными в таблице 1.

Приведенные толщины покрытий являются окончательными толщинами. Если покрытия дополнительно притираются или полируются, то они должны наращиваться с избыточной толщиной, соответствующей опытным данным.

В то время как для нормальных колец из серого чугуна отклонение от правильной формы круга на рабочей поверхности в 0,075 мм может рассматриваться как допустимое, для хромированных колец возникают трудности приработки уже в том случае, когда отклонения достигают примерно 0,002 мм.

Во всяком случае, хромирование поршневых колец в настоящее время представляет собой еще не вполне удовлетворительно решенную проблему, хотя сейчас уже и имеются (поскольку речь идет о продукции известных фирм) хромированные кольца высокого качества всех размеров.

Применение хромированных колец приняло значительные размеры: в настоящее время 15 – 20% всей продукции колец выпускается с твердым хромовым покрытием.

Таблица 1 – Толщина хромового покрытия и число хромированных колец на поршне

Вид двигателя внутреннего сгорания	Толщина покрытия в мм	Число хромированных колец на поршне.
Бензиновые двигатели	0,06–0,10	1
Дизели с диаметром цилиндра до 150 мм	0,10–0,15	1-2
Дизели с диаметром цилиндра 150-350 мм	0,15–0,25	2-3
Дизели с диаметром цилиндра более 350 мм	0,25–0,50	3