

УДК 669.715

ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ МАСЛОСЪЕМНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

**Скобло Т.С. д.т.н., профессор, Мартыненко А.Д. к.т.н., доцент,
Мартыненко Д.А. инженер**

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко)*

В работе приведены результаты исследований по повышению износостойкость трехэлементных стальных хромированных неполированных и полированных маслосъемных колец, а также сравнительные результаты по их прирабатываемости.

Постановка проблемы. Анализ отказов в эксплуатации по различным двигателям тепловозов показывает, что наибольшее число повреждений деталей ЦПГ (далее деталей ЦПГ) приходится на основной локомотивный дизель типа 10Д100. Конструкция маслосъемных колец тепловозного двигателя 10Д100М разработана институтом ВНИИ Тракторсельхозмаш, которые в настоящее время выпускаются Клинским заводом поршневых колец. Двигатели типа Д100 комплектуются кольцами Д100.04.017.

С начальный период работы таких двигателей (во время заводской обкатки) резко возрастает количество задиров. Проблема борьбы со схватыванием и его результатом — задирообразованием трущихся деталей цилиндропоршневой группы (ДЦПГ) двигателей внутреннего сгорания остается весьма актуальной. Наиболее неблагоприятные условия трения в цилиндре ДВС возникают при реверсировании движения поршня в зонах минимальных скоростей. Наиболее ярко это проявляется у камеры сгорания, где температура поверхностей трения цилиндра и колец достигает 350°C и максимальное давление составляет 16Па, а минимальная толщина масляной пленки (которая разжижается рабочей смесью) выгорает в период воспламенения и выдувается из-под верхних колец в момент такта сжатия [1-2].

В связи с этим было высказано предположение, что одной из причин задиров может быть неэффективная работа новых поршневых маслосъемных колец. В частности, это связано с малой подвижностью их в канавках, что обнаруживалось при осмотре вновь собранных поршней. В связи с этим было принято решение о калибровке канавок и контроле подвижности колец при сборке поршней. Но, несмотря на принятые меры, задирообразования не прекращались, что послужило причиной более подробного рассмотрения процесса работы и качества изготовления маслосъемных колец.

Анализ последних исследований и публикаций. Уровень современного машиностроения определяется возможностью конкурировать на мировом

рынке. При этом важным фактором является использование малозатратных технологий, как с точки зрения производства и восстановления деталей, так и потребления энергоресурсов и легирующих компонентов, обеспечения их долговечности и надежности в эксплуатации. К числу малозатратных технологий можно отнести использование высококонцентрированных источников энергии – плазменный и лазерный луч, а снизить расход легирующих компонентов при поверхностном упрочнении возможно при локальном их нанесении. Применение высококонцентрированных источников энергии для упрочнения и реновации деталей особенно эффективно при необходимости обработки малых площадей с износом, не превышающем 0,3-1,0мм. Это касается обработки кромок, пазов, фасок клапанов, различных тонкорельефных поверхностей. Применение таких источников энергии позволяет избежать повреждаемость предварительно обработанной сердцевины детали и ее коробления, которые характерны при использовании традиционных методов.

Чаще всего для поршневых колец используют высокопрочный чугун с глобулярным графитом, а также стали 45, 50Г, 65Г, У8, Х12М. Основными факторами, влияющими на износ поршневых колец [3-4], являются условия их эксплуатации, материал и способ упрочнения: - температура трения и ее градиент; - физико-механические свойства и структура металла; - действующие нагрузки и скорость перемещения сопрягаемых деталей, а также конструктивные параметры, качество используемых смазочных материалов, антифрикционных и антизадириных присадок, продолжительность эксплуатации, макро- и микрогеометрия поверхности трения. Значительный эффект по снижению износа можно достичь нанесением различных упрочняющих покрытий. Чаще всего используют хромирование, поскольку оно обладает высокой температурой плавления и при ограниченном количестве смазки, менее склонно к схватыванию с металлом цилиндра. Поршневые кольца должны обеспечивать повышенную износостойкость и малый коэффициент трения.

Целью работы является исследование износостойкости и прирабатываемости трехэлементных стальных хромированных маслоъемных поршневых колец тепловозных двигателей.

Результаты исследований. Анализ топографии рабочих поверхностей таких маслоъемных поршневых колец показал, что на отдельных изделиях имеются участки без следов окончательной обработки.

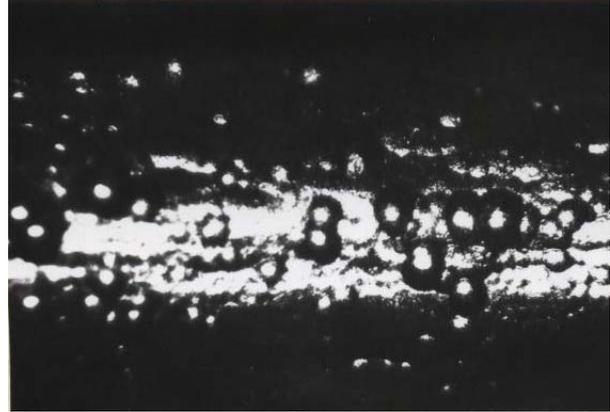
При возникновении аварийных режимов трения (режим граничной смазки), оставшаяся масляная пленка и защитное покрытие не способно защитить длительное время поверхность трения от повреждений и схватывания, в связи с этим появляются задиры на кольцах и цилиндре. Таким образом, наиболее опасным является переход единичного процесса микроконтактного схватывания к макросхватыванию и когезионному взаимодействию, когда сопряженные поверхности при резком возрастании

удельных нагрузок и температуры не успевают создать (на фрикционном контакте) надежные разделяющие защитные структуры

По технологии изготовления рабочие поверхности колец после нанесения гальванического хромового покрытия должны подвергаться гидрополировке. На рис.1 представлены фотографии поверхностей таких колец. В то же время имелись кольца или отдельные участки на них где видимых следов окончательной обработки не обнаруживали рис. 1,б.



а)



б)

Рисунок 1 - Рабочая поверхность стального хромированного кольца до испытаний, X60: а) - полированного; б) - неполированного

Для сравнительной оценки влияния окончательной обработки колец на их работу при трении в паре с гильзой проведены испытания образцов полированных и неполированных колец на машине трения с возвратно поступательным движением. Образцы колец устанавливали в специально изготовленной оправке. При этом использовали расширитель, который удерживает кольца при работе их в канавках поршня в реальных условиях работы на двигателе. Испытания проводили в течение 1 - 8 часов, что в сумме соответствует времени заводской обкатки двигателя 10Д100М. Смазку осуществляли маслом по капельному методу со скоростью подачи 2-3 капли в минуту.

Для сравнения испытывали также образцы маслоъемных колец Д100.04 из серого легированного чугуна с оловянным покрытием, которые использовались до применения стальных с хромовым покрытием. Контртелом при испытаниях служили образцы, вырезанные из нижней части гильзы цилиндра без лазерной закалки, которая соответствует участку работы колец. Поверхность образцов фосфатировали по серийному режиму, принятому для гильз цилиндров. Результаты испытаний поршневых маслоъемных колец дизеля 10Д100М на износостойкость при режимах $P=10Н$, $n=280$ дв.ходов мин.⁻¹, масло М14В₂ приведены в табл.1. Их анализ свидетельствует о том, что неполированные кольца имеют больший износ, чем полированные в первый час испытаний. В последующие семь часов скорость изнашивания тех и других колец практически одинакова. Изнашивающая способность неполированных

колец также несколько более высокая, но это проявляется в первый час работы пары трения.

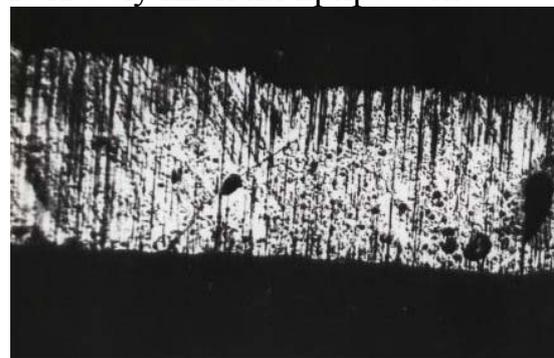
Таблица 1 - Результаты испытаний поршневых маслосъемных колец дизеля 10Д100М

Кольцо	Износ кольца, г за время испытания, ч.			Износ гильзы, г за время испытания, ч.		
	1	7	8	1	7	8
Хромированное и полированное	0,0003	0,0003	0,0006	0,0203	0,0282	0,0485
Хромированное и неполированное	0,0005	0,0008	0,0008	0,0205	0,0298	0,0508
Д100.04.017	0,0007	0,0008	0,0015	0,0147	0,0206	0,0353

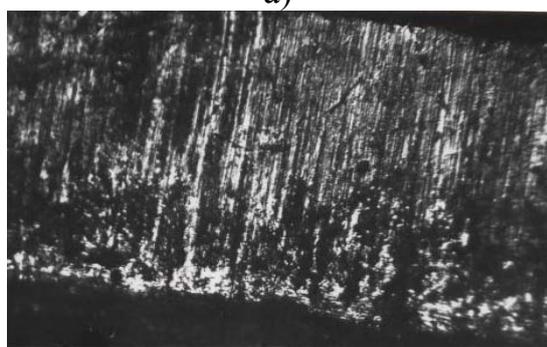
Анализ топографии дорожек трения полированных и не полированных колец (рис. 2) показал, что полированные кольца имеют более равномерную по ширине дорожку, что может свидетельствовать о лучшей их приработке.



а)



б)



в)

а)- не полированное хромированное
кольцо

б)- полированное хромированное
кольцо

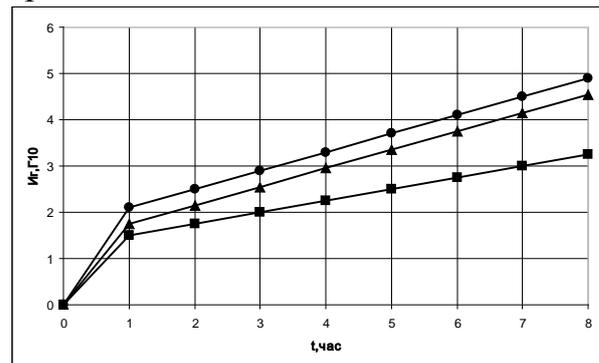
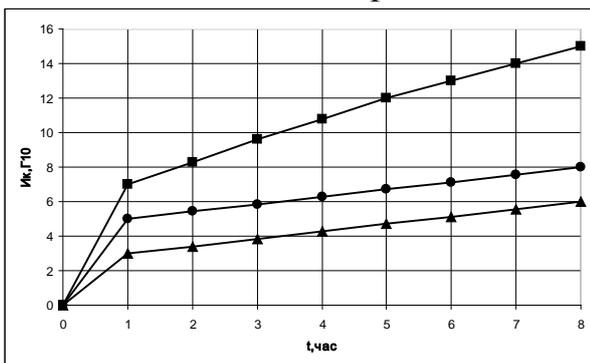
в)- кольцо Д100.04.017

Рисунок 2 - Макроструктура рабочей поверхности маслосъемных колец после испытаний, X60.

Очевидно, неровности неполированного кольца могут выступать над поверхностью и срабатываются в первые часы. Это видно по результатам испытаний. Не происходит равномерного прилегания колец к поверхности гильзы и отсутствует их эффективная работа с самого начала эксплуатации двигателя. Кроме того, в местах контакта возникают повышенные удельные давления, которые также приводят к неравномерной приработке и к

увеличению износа контртел.

Внешний визуальный осмотр колец на двигателе после заводской, обкатки показал, что даже после 8 часов работы пояски износа на кольцах обнаруживаются не по всему периметру кольца. Это означает, что кольцо в процессе своей работы не прилегает по всей длине окружности к гильзе и поэтому не удаляет излишки масла с её рабочей поверхности. В результате этого масло может попадать на головку поршня и закоксовываться с образованием нагара - твердых углеродистых частиц, которые попадают в зону трения между поршнем и гильзой, и оказывают абразивное воздействие. При этом резко усиливается износ приработочного покрытия на поршне, увеличивается вероятность его срабатывания, что в подавляющем большинстве случаев приводит к задираобразованию между поршнем и гильзой. Кроме того, отложение нагара на головке поршня может сказываться на его геометрических размерах и приводит к уменьшению теплового зазора между поршнем и гильзой, а также вызывать заклинивание и задиры между поршнем и гильзой. Анализ литературных данных [1, 2] подтверждает сделанные выводы и свидетельствует о том, что проникновение масла в камеру сгорания приводит к увеличению нагароотложений. Отложение нагара в продувочных и выхлопных окнах двухтактных двигателях нарушает процессы смесеобразования и сгорания. Это приводит к неполному сгоранию топлива повышает дымность выхлопа, снижает коэффициент наполнения и мощность двигателя. В связи с этим было предложено отбирать неполированные кольца и не допускать их к работе на двигателе. В результате отбраковки неполированных колец количество задиров при обкатке двигателей уменьшилось. Сравнение результатов испытаний хромированных стальных и чугунных маслоъемных колец с оловянным покрытием показано на рис. 3.



Износ кольца

■ - кольцо 017

● - кольцо хромированное неполированное

▲ - кольцо хромированное полированное

Рисунок 3 - Зависимость износа маслоъемных поршневых колец и образцов гильз от времени испытаний

Износ гильзы при работе с хромированными маслоъемными кольцами в

експлуатации может быть больше, чем при работе с прежними кольцами Д100.04.017. В связи с этим, считаем целесообразным рекомендовать, упрочнение гильзы в зоне работы колец лазерной закалкой, что без затруднения можно выполнить.

Вторым вариантом, улучшения работы сопряжения гильза - поршневое маслоъемное кольцо дизеля 10Д100М может быть использование маслоъемных колец, упрочненных лазерной закалкой, что предусмотрено действующей НДП для дизелей типа 10Д100М.

Выводы: 1. Интенсивность повреждения задирами поверхностей ДЦПГ зависит трибологических свойств материалов и качества поверхностей трения деталей ЦПГ, режимов и качества приработки, темпа нарастания нагрузки и температуры в цилиндре дизеля. Наибольшая интенсивность повреждения деталей наблюдается при пусковых режимах и близких к полной мощности дизеля.

2. Исследованы износостойкость и прирабатываемость 3-х элементных стальных хромированных неполированных и полированных маслоъемных колец, а также колец. Проведены исследования топографии поверхностей трения. Результаты испытаний свидетельствуют о том, что износ и изнашивающая способность неполированных колец несколько больше, чем полированных в первый час испытаний, в последующем эти показатели неполированных и полированных колец одинаковы. Прирабатываемость неполированных колец хуже чем полированных, о чём может свидетельствовать неравномерность приработанного пояска на рабочей поверхности кольца.

3. Наиболее эффективным направлением повышения задиростойкости деталей ЦПГ является: выбор материалов пар трения; создание износостойких поверхностных слоев поверхностей трения; совершенствование макро- и микрогеометрии трущихся поверхностей; снижение деформации и температуры сопряженных поверхностей; нанесение микрорельефа на поверхности для удержания масляной пленки; улучшение фильтрации воздуха и картерного масла; использование многофункциональных присадок к топливно-смазочным материалам, способствующих прирабатываемости и образованию защитных вторичных слоев на деталях ЦПГ.

4. Сравнение результатов испытания стальных хромированных колец с кольцами Д100.04.017 свидетельствует о том, что хромированные кольца могут сильнее изнашивать сопрягаемую поверхность гильзы, что, однако, требует эксплуатационной проверки.

Список литературы:

1. Семенов В. С. Режим смазки пары трения поршневое кольцо — цилиндровая втулка ДВС // Двигателестроение. 1991. № 10...11. С. 19...23.
2. Фофанов Г. А. Прочность масляной пленки между поршневым кольцом и гильзой цилиндра дизеля 2Д100 // Вестник ВНИИЖТ. 1968. № 1. С. 26...32.
3. Асташкевич Б.М. Механизм изнашивания деталей цилиндропоршневой

группы тепловозных дизелей./ Б.М. Асташкевич. В сб. «Повышение износостойкости деталей двигателей внутреннего сгорания». / - М.: Машиностроение, 1972. – С. 5-12.

4. Дудкач В.П. Тертя та зношування деталей циліндро-поршневої групи (огляд). Частина I./ Дудкач В.П., Кузьменко А.Г. Проблеми трибології, 2005, №1, - С.48-54.

Анотація

Підвищення зносостійкості маслос'ємних поршневих кілець

Скобло Т.С., Мартиненко О.Д., Мартиненко Д.О.

В роботі приведені результати досліджень по підвищенню зносостійкості трьохелементних сталевих хромованих неполірованих і полірованих маслос'ємних кілець, а також порівняльні результати по приробленню поверхонь тертя.

Abstract

Increase of wearproofness of maslos'emnykh of piston-rings

Skoblo T.S., Martynenko A.D., Martynenko D.A.

The results of researches are in-process resulted on an increase wearproofness of the trekhelementnykh steel chrome-plated unpolished and polished maslos'emnykh rings, and also comparative results on grinding in of surfaces.