

**МЕРОПРИЯТИЯ, ПОВЫШАЮЩИЕ
РАБОТОСПОСОБНОСТЬ ПОРШНЕЙ ДИЗЕЛЕЙ
ИЗ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ**

**MEASURES INCREASING THE PERFORMANCE OF PISTON
DIESELS FROM ALUMINUM ALLOYS**

А. А. Предко¹, мл. научн. сотр.,

А. Н. Петрученко², канд. техн. наук, доц.,

¹ГНУ «Физико-технический институт» НАН Беларуси,
г. Минск, Беларусь

²ОАО «УКХ «Минский моторный завод», г. Минск, Беларусь

A. Predko¹, junior researcher,

A. Petruchenko², Ph.D. in Engineering, Associate Professor,

¹State Scientific Institution Physical Technical Institute of the National
Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus,

²OJSC «Minsk Motor Plant» Holding Mangement Company,
Minsk, Belarus

Выполнен анализ мероприятий, повышающих ресурс поршней из алюминиевых сплавов. Омечается перспективность использования азотирования первой кольцевой канавки, что позволит не только увеличить ресурс поршня, но и снизить его массу.

The analysis of measures that increase the resistivity of pistons made of aluminum alloys is carried out. The prospects of using nitriding of the first annular support are noted, which will allow not only to increase the piston resource, but also to reduce its weight.

Ключевые слова: работоспособность, алюминий, дизель, температура, поршень.

Keywords: working capacity, aluminum, diesel, temperature, piston.

ВВЕДЕНИЕ

Одно из направлений развития современного двигателестроения проектирование и производство двигателей с высокими уровнями литровой мощности при общем снижении расходов топлива и масла и соблюдении требований экологической безопасности.

Форсирование двигателей сопряженно с ростом тепловых и термических нагрузок на детали кривошипно-шатунного механизма, кроме этого уменьшается удельный расход топлива. Наибольшие проблемы с обеспечением требуемых прочностных показателей возникают с поршнями, которые подвергаются интенсивным тепловым и механическим нагрузкам. По сложившимся в последние десятилетия традициям поршни автотракторных дизелей изготавливают из алюминиевых сплавов. Поршни из алюминиевых сплавов имеют малую массу (как минимум на 30 % меньше по сравнению с чугунными), высокую теплопроводность (в 3–4 раза выше теплопроводности чугуна), что обеспечивает, нагрев днища поршня не более 250–350 °С [1], и улучшает наполнение цилиндров, хорошие антифрикционные свойства.

Отмеченные преимущества, не смотря на ряд недостатков, остаются привлекательными для большинства производителей автотракторных дизелей, поэтому поиск и разработка конструкторских и технологических решений, допускающих увеличение уровня тепловых и механических нагрузок поршней из алюминиевых сплавов, а также снижение расходов топлива и масла является важной научно-технической задачей.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Конструкторские решения, направленные на обеспечение работоспособности поршня из алюминиевого сплава предусматривают оптимизацию геометрии самого поршня с учетом неравномерного нагрева и охлаждения поверхностей поршня, распределения сплава в осевом и радиальных направлениях и разных коэффициентов линейного расширения материалов поршня и гильзы и снижение температуры поршня уменьшение зазоров и количества газов, прорвавшихся в картер.

Для интенсификации отвода теплоты свод поршня опрыскивают маслом из специально предусмотренных для этих целей форсунок или из отверстий, выполненных в кривошипной или поршневой головках шатуна. Данный подход не приводит к существенному снижению тепловой нагруженности двигателя, в следствие, ограниченности времени контакта масла с теплоотдающей поверхностью, применяется в дизелях с форсированием по среднему эффективно-

му давлению (p_e) 1–1,2 МПа [2]. Значительно увеличивается время контакта и площадь теплоотдающей поверхности в случае выполнения в головке поршня кольцевого канала, применяется в дизелях с p_e до 1,4–1,5 МПа. Эффективность этого подхода к снижению температуры поршня можно увеличить за счет формы и расположения кольцевого канала.

Снизить температуру в зоне первого компрессионного кольца можно увеличив высоту жарового пояса, возможности такого решения ограничены, так как растет высота поршня, что приводит либо к повышению высоты и массы двигателя, либо к увеличению угла качания шатуна, что отрицательно сказывается на динамике двигателя.

Совершенствование процесса сгорания зачастую связано с разработкой новых камер сгорания или с уменьшением высоты жарового пояса, в результате значительно повышается температура кромок камеры сгорания, снижается устойчивость канавки под первое компрессионное кольцо.

Работоспособность канавки повышают за счет нерезиновой вставки. Изготовленная из аустенитного чугуна и закрепленная в поршне с помощью *alfin*-процесса кольцевая опора многократно увеличивает долговечность первой кольцевой канавки. Существуют конструкции поршней, у которых ширина опоры предусматривает расположение двух колец. Такой подход к увеличению долговечности кольцевой канавки способствует повышению массы поршневого комплекта.

Альтернативой нерезиновой вставки может быть либо анодирование кольцевой канавки, либо ее азотирование.

Толстый слой корунда Al_2O_3 имеет высокую поверхностную твердость, но из-за значительного коэффициента трения [3] вероятен сильный износ поршневого кольца.

Ионно-плазменное азотирование поверхности технически чистого алюминия, марки А7, по данным работы [4] способствует увеличению твердости поверхностного слоя до 1173 НВ, что в 4,3 раза превышает твердость основного материала. Показано, что износостойкость азотированного сплава в условиях испытания с контртелом из стали ШХ15 диаметром 6 мм, длиной пробега 80 м при

нагрузке 1 Н увеличилась в 40 раз, а коэффициент трения был снижен в 3 раза.

Установлено, что улучшение механических и трибологических характеристик азотированных образцов обусловлено именно обработкой на поверхности нитрида алюминия.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выполненный анализ показал, что в дизелях с поршнями из алюминиевых сплавов азотирование первой канавки позволит отказаться от нерезиновой вставки и улучшить условия работы первого компрессионного кольца и снизить массу поршня.

ЛИТЕРАТУРА

1. Костин, А. К. Теплонапряженность двигателей внутреннего сгорания: Справочное пособие / А. К. Костин, В. В. Ларионов, Л. И. Михайлов. – Л.: Машиностроение. Ленград. отд-ние, 1979. – 222с.

2. Чайнов, Н. Д. Конструирование и расчет поршневых двигателей: учебник для вузов / Н. Д. Чайнов, А. Н. Краснокутский, Л. Л. Мягков; под ред. Н. Д. Чайнова. – Москва : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2018. – 536 с.

3. Visuttipitukul, Patama & Aizawa, Tatsuhiko & Kuwahara, Hideyuki. (2003). Advanced Plasma Nitriding for Aluminum and Aluminum Alloys. *Materials Transactions*. – MATER TRANS. 44. 2695-2700. 10.2320/matertrans.44.269.

4. Крысина, О. В., Азотирование поверхности технически чистого алюминия в плазме несамостоятельного тлеющего разряда с полым катодом / О. В. Крысина, В. В. Денисов, Е. В. Островерхов, О. С. Толкачев // Взаимодействие излучений с твердым телом: сб. статей. – Минск, 2017. – С. 250–252.

Представлено 01.04.2021