

УДК 621.436

Заренбин В.Г., д.т.н.¹, Мищенко Н.И., д.т.н.², Колесникова Т.Н.¹,
Петренко Д.П.¹

1 — ПГАСА, г. Днепропетровск; 2 — АДИ ГВУЗ «ДонНТУ», г. Горловка

ВЛИЯНИЕ МИКРОГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОВЕРХНОСТЕЙ НА МАКСИМАЛЬНУЮ ТЕМПЕРАТУРУ ГРАНИЧНЫХ МАСЛЯНЫХ СЛОЕВ МЕЖДУ ГИЛЬЗОЙ ЦИЛИНДРА И ПОРШНЕВЫМ КОЛЬЦОМ ДИЗЕЛЯ

Изучено влияние микрогеометрических характеристик на максимальную температуру граничных масляных слоев в трибосопряжении гильза цилиндра — поршневое кольцо дизеля 8Ч12/12. Установлена существенная роль параметров шероховатости в изменении температуры на контакте. Приведены расчеты максимальной температуры поверхности для пары трения гильза цилиндра — поршневое кольцо дизеля 8Ч12/12.

Введение

Надежность двигателя внутреннего сгорания (ДВС), в частности дизелей, в сочетании со стоимостью топлива и масла является наиболее важным фактором, определяющим общую рентабельность автотранспортного средства. При этом приоритетное значение для современных дизелей получили требования к безотказности, увеличению безремонтных сроков и снижению затрат на их обслуживание в эксплуатации.

В дизелях нового поколения постоянно повышаются максимальные давления сгорания и среднее эффективное давление. Это указывает на то, что для повышения надежности дизелей требуются мероприятия, направленные на повышение надежности цилиндропоршневой группы. Поэтому ведущие фирмы-производители дизелей и научные организации проводят интенсивные исследования в поисках решения этой проблемы [1, 2].

В основу данной работы положены некоторые результаты исследований, проведенных в ПГАСА, трибологической системы «гильза цилиндра — поршневое кольцо», которой свойственны различные виды изнашивания: коррозионное, адгезионное и истирание.

Постановка проблемы

Анализ ранее выполненных исследований показал, что снижение работоспособности и износостойкости деталей машин, прежде всего, объясняется нарушением режима смазки [3, 4]. Так, например, в случае трения поршневого кольца (ПК) двигателя внутреннего сгорания о гильзу цилиндра (ГЦ) это наглядно подтверждается увеличением износа в районе мертвых точек из-за более или менее полного разрушения масляной пленки. Также многочисленные эксперименты свидетельствуют о связи процессов износа и заедания при граничном трении. Однако сложность взаимосвязанных явлений на контакте затрудняют решение отдельных вопросов трения [5]. До сих пор недостаточно изучено влияние шероховатости поверхностей на теплонапряженность и температуру узлов трения дизелей, работающих при недостаточных режимах нагружения.

Цель работы

Изучить влияние микрогеометрических характеристик на максимальную температуру граничных масляных слоев в трибосопряжении ГЦ — ПК дизеля, играющего важную роль в обеспечении ресурса двигателя.

Изложение основного материала

Приведенные в работе [6] расчетные зависимости позволяют проследить влияние различных факторов на температуру граничных слоев. Шероховатость поверхностей учитывается в них заданными величинами радиуса закруглений и величины микронеровностей r , максимальной высоты неровности профиля R_{\max} , параметров кривой опорной поверхности ν и b , а также контурной площади касания A_c .

Исходные данные для расчета были взяты из работы [6] и соответствовали номинальному режиму нагружения трибосопряжения ГЦ — ПК для дизеля 8Ч12/12.

Предполагалось, что в процессе контактного взаимодействия физико-механические свойства материалов оставались неизменными, а режим граничного трения реализуется в диапазоне углов поворота коленчатого вала (п.к.в.) в градусах от $\varphi = 330$ до 390 °п.к.в. (зона максимального локального износа гильзы цилиндра). Поскольку материал гильзы цилиндра обладает высоким модулем упругости E и незначительным коэффициентом гистерезисных потерь, то при расчетах коэффициента трения f пренебрегали его упругой деформационной составляющей по сравнению с молекулярной, т.е. использовали формулу [3, 7]:

$$f = \frac{2,1\tau_0}{P_c^{0,2}} \left(\frac{1-\mu^2}{E} \right)^{0,8} \cdot \frac{1}{\Delta^{0,4}} + \beta,$$

где τ_0 и β — фрикционные параметры, зависящие от условий работы пары трения;

Δ — комплексная характеристика шероховатости поверхности;

μ — коэффициент Пуассона;

P_c — контурное давление.

Вычисления приводились при $\tau_0 / E = 1,4 \cdot 10^{-4}$; $\beta = 0,12$, $b = 2$, $\nu = 2$, т.е. без учета влияния на τ_0 и β шероховатости поверхности.

На рис. 1 представлены изменения максимальной температуры t_{\max} от продолжительности трения τ при $\varphi = 380$ °п.к.в. и различных значениях радиусов вершин микронеровностей r для отношения контурной площади касания A_c к номинальной A_n — $A_c/A_n = 0,9$ и $R_{\max} = 0,5 \cdot 10^{-6}$ м. Видно, что изменение r от $30 \cdot 10^{-6}$ до $120 \cdot 10^{-6}$ м приводит к уменьшению t_{\max} с 332 до 265 °С, т.е. на 67 °С (20 %). Как показывают расчеты, с уменьшением отношения A_c/A_n от $0,9$ до $0,1$ температура t_{\max} увеличивается для $r = 30 \cdot 10^{-6}$ м на 82 °С (82 %), а для $r = 120 \cdot 10^{-6}$ м — на 36 °С (14 %).

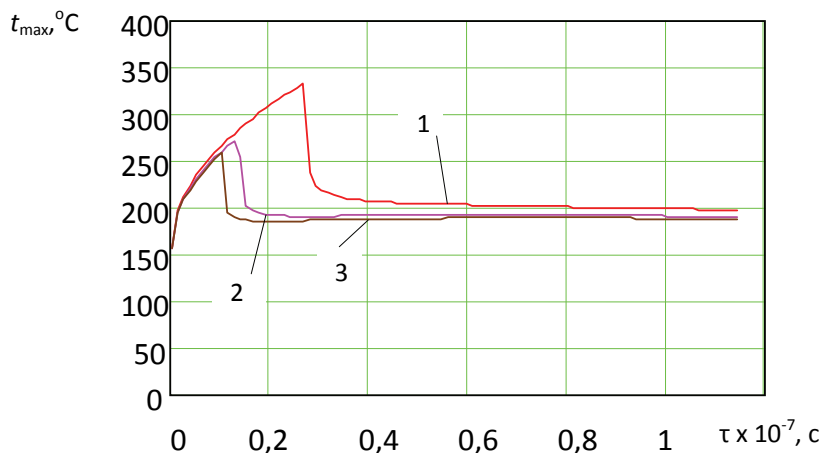


Рис.1. Изменения максимальной температуры поверхности t_{\max} от продолжительности контакта неровности τ при различных значениях радиусов закругления неровностей r :

1 — $30 \cdot 10^{-6}$ м; 2 — $90 \cdot 10^{-6}$ м; 3 — $120 \cdot 10^{-6}$ м

Таким образом, изменение радиуса закругления вершин поверхностей в 5 раз (например, при изготовлении или приработке деталей) можно изменить максимальную температуру масляной пленки в 1,15 — 1,2 раза. Снижение t_{\max} становится тем сильнее, чем меньше контактная площадь касания A_c .

Графики, представленные на рис. 2, иллюстрируют влияние на t_{\max} максимальной высоты неровностей профиля R_{\max} при отношении $A_c/A_H = 0,9$ и $r = 120 \cdot 10^{-6}$ м. Изменение R_{\max} от $0,5 \cdot 10^{-6}$ до $2,5 \cdot 10^{-6}$ м увеличивает t_{\max} от 257 до 328 °C, т.е. на 71 °C (37 %).

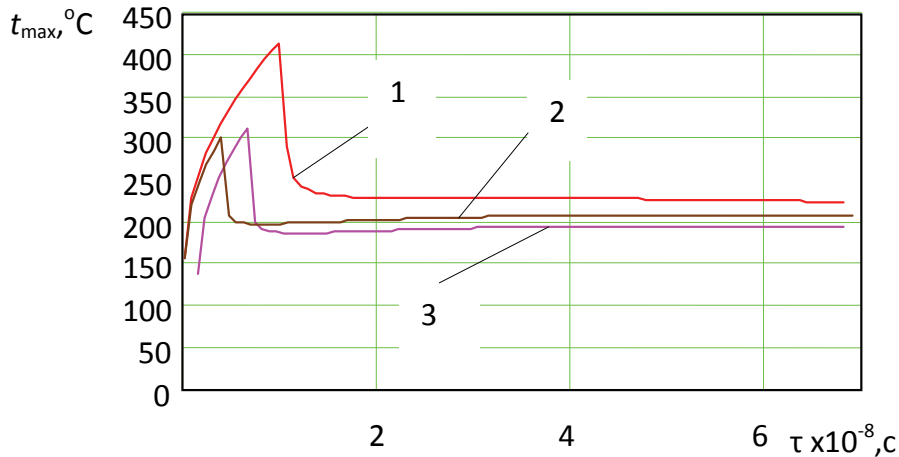


Рис. 2. Изменения максимальной температуры поверхности t_{\max} от продолжительности контакта неровности τ при различных значениях максимальной высоты неровностей профиля R_{\max} :

1 — $2,5 \cdot 10^{-6}$ м; 2 — $1 \cdot 10^{-6}$ м; 3 — $0,5 \cdot 10^{-6}$ м

Уменьшение отношения A_c/A_H от 0,9 до 0,1 повышает t_{\max} при $R_{\max} = 2,5 \cdot 10^{-6}$ м на 55 °C (15 %), а при $R_{\max} = 0,5 \cdot 10^{-6}$ м — на 42 °C (14 %).

Полученные выше зависимости хорошо согласуются с экспериментальными данными [1, 4] и показывают, что при приработке трибосопряжения происходит сглаживание наиболее выступающих неровностей, усиливается их кривизна, обеспечивающая минимальную площадку контакта и необходимую устойчивость масляной пленки.

Изменение максимальной температуры поверхности t_{\max} при различных значениях комплексной характеристики шероховатости поверхности Δ для $A_c/A_H = 0,9$ показано на рис. 3. На графике показано, что с возрастанием величины Δ в условиях упругой деформации в зонах контакта от $7 \cdot 10^{-3}$ до 0,035 температура t_{\max} увеличивается с 300 до 450 °C, т.е. на 115 °C (в 1,4 раза).

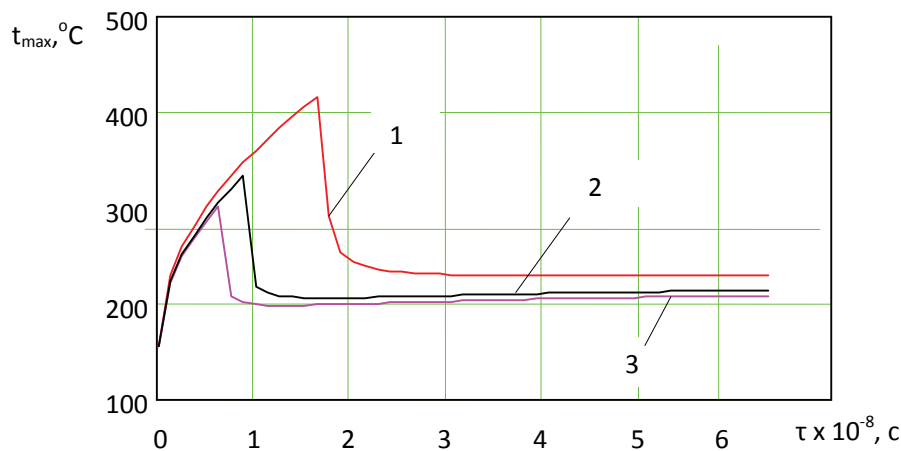


Рис. 3. Изменения максимальной температуры поверхности t_{\max} от продолжительности контакта неровности τ при различных значениях комплексной характеристики шероховатости Δ :

1 — $7 \cdot 10^{-3}$; 2 — 0,012; 3 — 0,035

Следует заметить, что зависимость между максимальной температурой t_{\max} и шероховатостью поверхности носит недоказанный характер, потому что параметры шероховатости связаны, например, с коэффициентом трения, криволинейными теплофизическими свойствами и тепловыделением на контакте.

Выводы

1. Шероховатость поверхностей существенно влияет на максимальную температуру граничных масляных слоев в трибосопряжении гильза цилиндра — поршневое кольцо ДВС. Так, изменение комплексной характеристики шероховатости Δ от 0,035 до $7 \cdot 10^{-3}$ может снизить t_{\max} в 1,4 раза.

2. Расчет влияния геометрических характеристик поверхностей на максимальную температуру граничных масляных слоев дает возможность подбора оптимальных условий трения и оценки способности пары трения противостоять задиру.

Список литературы

1. Aeberli Kaspar. Verbessertes Kolbenlaufverhalten bei langsamlaufenden SULZER-Diesel-motoren. Teil 1: Theorie des Verschleißes und Korrekturmaßnahmen / Aeberli Kaspar, Lustgarten George-Allan // MTZ: Motortechn. Z. — 1989. — 50. — № 5. — S. 197-204.
2. Young Young W.B. New Piston Ring Face Coatings Using Design of Experiments / Young Young W.B., Mc Comb J.A // SAE Tech.Pap.Ser. — 1990. — N 1588. — 8 pp.
3. Трение, изнашивание и смазка: справочник в 2-х кн. Кн. 2/под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. — М.: Машиностроение, 1979. — 358 с.
4. Автомобільні двигуни / Ф.І. Абрамчук, Ю.Ф. Гутаревич, К.С. Долганов, І.І.Тимченко — К.: Арістей, 2005. — 476 с.
5. Чичинадзе А.В. Расчет и исследование внешнего трения при торможении / А.В. Чичинадзе. — М.: Наука, 1967. — 231 с.
6. Заренбин В.Г. К оценке температуры на пятне касания при неустановившемся граничном трении поршневого кольца и гильзы цилиндра ДВС / В.Г. Заренбин // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. — Дніпропетровськ: ПДАБА, 2007. — №5. — С. 10-15.
7. Крагельский И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добынин. — М.: Машиностроение, 1977. — 526 с.

Стаття надійшла до редакції 14.12.09

© Заренбін В.Г., Міщенко М.І., Колеснікова Т.М., Петренко Д.П., 2009