

УДК 631.358:62

ФОРСОВАНІ ВИПРОБУВАННЯ ПОРШНІВ ДВИГУНІВ ЯМЗ-238 НА МІЦНІСТЬ

Сиволапов В.А., ст. викладач, Ференсов В.Е., магістрант
(Національний університет біоресурсів і природокористування України)

У сучасних дизельних двигунах поршень підлягає дії високих теплових і механічних навантажень. Зважаючи на складну конфігурацію поршня не існує досить точних розрахункових методів оцінки міцності поршня в цілому і окремих його елементів. Найбільш напружені елементи поршня – міжкільцеві перемички і бобишки поршневого пальця. При створенні нових і вдосконаленні двигунів, що випускаються без проведення глибоких досліджень важко визначити оптимальну ширину міжкільцевих перемичок, вибрати конфігурацію бобишек і діаметр пальця. З цією метою вивчаються тепловий стан поршня і напруження його елементів. Зупинимось на методах оцінки останніх.

На бобишки діють сила газів і сила інерції поршня. Найбільші навантаження бобишки відчувають при максимальному тиску в камері згоряння p_z , але в цей момент сили інерції поршня, що мають також найбільшу величину, діють в пробі протилежних напрямку, що трохи зменшує величину навантажень.

Напруження в бобишках зростають через деформацію днища поршня. Деформації поршневого пальця (вигин і овалізація) також сприяють концентрації напружень в бобишках. Сукупність усіх факторів призводить до високої концентрації напружень на внутрішній кромці бобишки поршня, що може викликати утворення втомних тріщин на її поверхні.

При дослідженні з'єднання поршень - поршневий палець проводиться комплекс робіт, що включає визначення напрямку головних напружень в бобишках поршня (методом покриття крихкими лаками) з подальшим тензометрируванням при статичному прикладанні навантаження на спеціальному стенді (оцінка міцності бобишек при роботі на двигуні). При випробуваннях на стенді для рівномірного розподілу навантаження на днище поршня камеру згоряння заповнюють піском, на нього встановлюють гумову діафрагму, на яку діє тиск рідини, поміщеній в замкнутому просторі. Тиск в просторі над діафрагмою підвищують за допомогою ручного пристрою, по конструкції аналогічного насосу, що застосовується при перевірці якості розпилювання палива форсункою. Робоче тіло - дизельне паливо, для контролю тиску встановлюється манометр. Для вимірювання тиску використовують дротові тензодатчики з базою 10 мм, які наклеюють так, як показано на рис. 1. Навантаження та розвантаження робляться відповідно від 0 до 11 Мпа і навпаки з інтервалами 1 Мпа; при кожному значенні тиску вимірюють напругу в бобишках.

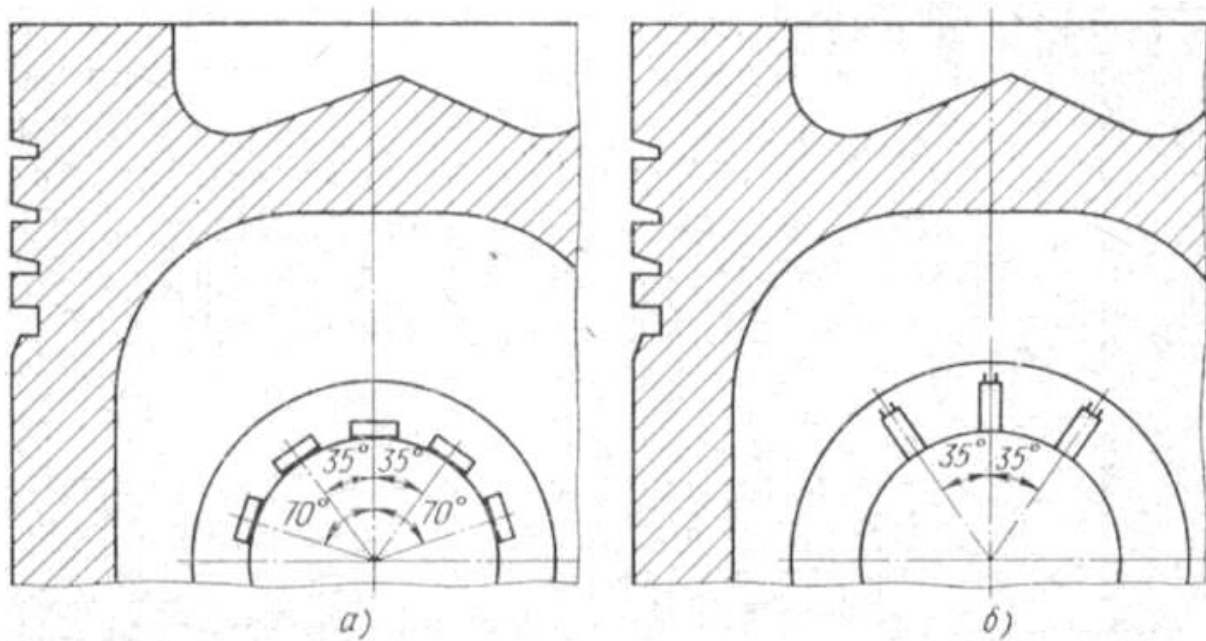


Рис. 1. Розташування тензодатчиків на поршні при визначенні напружень: а - розтягування; б – стиснення.

Порівняльна простота зазначеного методу дозволяє за короткий проміжок часу оцінити різні конструктивні варіанти з'єднання поршень - поршневі пальці. Так були випробувані варіанти оребрення бобишек поршня, деконцентраторів (фаски і конуса на циліндричній поверхні з внутрішньої сторони бобишки), поршневі пальці з різними внутрішніми та зовнішніми діаметрами. Крім того, була встановлена залежність підвищення напружень на внутрішній поверхні бобишки від навантаження, що імітує силу газів: напруги збільшуються на 17% зі зростанням навантаження на днище поршня на кожний 1 *Mna*.

Завершальний етап дослідження міцності бобишки – оцінка їх міцності при роботі на двигуні і прогнозування терміну служби поршня. Проведення експлуатаційних випробувань з цією метою вельми складно, особливо при виборі матеріалу поршня і способу термообробки, коли необхідні порівняльні випробування декількох варіантів. Щоб форсувати випробування бобишек поршня, доцільно збільшувати напруження в них безпосередньо на працюючому двигуні. Щоб підвищити максимальний тиск згоряння, випробування проводять зі збільшеним кутом випередження впорскування. У цьому випадку напруження в бобишках зростають в 1,5 рази. При такому збільшенні напружень можна очікувати різкого скорочення тривалості випробувань, тому були використані ще два способи підвищення напружень, знайдені при дослідженні напружень в бобишках на спеціальному стенді.

Перший спосіб полягає у введенні фаски на поверхні бобишки з внутрішньої сторони. У цьому випадку напруження на торці бобишки зростають в 10 разів.

Другий спосіб підвищення напружень – збільшення внутрішнього діаметра поршневого пальця, тобто зменшення моменту опору перерізу. Зниження

останнього на 10% призводить до збільшення напружень на торці бобишки в 2 рази.

За вказаною методикою проводяться випробування поршнів на двигуні протягом 250...300 годин, виходи з ладу поршнів відзначаються вже через 100 годин роботи, до 300 годин ймовірність справної роботи поршнів досягає 0,6.

Перша кільцева перемичка є одним з найбільш навантажених елементів поршня. Максимальні напруження в основі перемички виникають в момент досягнення в камері згоряння максимального тиску. Найбільш доцільно оцінювати міцність перемички експериментальним шляхом.

При роботі двигуна на моторному стенді створюються умови, які по тепловим і механічним навантаженням значно перевершують експлуатаційні. З формули, наведеної вище, видно, що навантаження на перемичку ростуть з підвищенням p_z . Зміна p_z до 11...12 *Mpa* досягається збільшенням кута випередження впорскування, одночасно в 2...3 рази підвищується швидкість наростання тиску. У цих умовах напруження в основі перемички зростають в 1,7 рази. Крім того, слід врахувати, що при збільшенні кута випередження впорскування температура в зоні першої перемички підвищується на 50...60°C, що супроводжується зниженням межі міцності матеріалу поршня. Для алюмінієвих сплавів, що застосовуються для виготовлення поршнів, межа міцності в цьому діапазоні температур зменшується на 20...35%.

Дана методика широко застосовується при виборі висоти перемички, при оцінці міцності поршнів, виготовлених з різних сплавів або з різною термообробкою. У тому випадку, коли оцінюють матеріал поршня, висоту перемички зменшують на 2...3 мм, щоб скоротити час випробувань. Висока вірогідність результатів випробувань виходить при тривалості їх 200...250 годин, тобто при зменшенні ймовірності справної роботи до 0,6...0,7. Коефіцієнт еквівалентності $K_e = 24$.