

ВЛИЯНИЕ МИКРОНЕРОВНОСТЕЙ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА СУДОВОГО ДВС

О. Н. Синельщикова

*Астраханский инженерно-строительный институт,
г. Астрахань (Россия)*

Длительное действие на детали машин переменных напряжений приводит к постепенному накоплению повреждений, образованию трещин и последующему разрушению детали. Процесс постепенного накопления повреждений и разрушение металлов под действием многократно приложенных нагрузок называется усталостью.

Известно, что зарождение усталостной трещины начинается с поверхности детали вследствие возникновения наибольших напряжений. Поэтому качество обработки поверхности оказывает большое влияние на сопротивление усталости.

Качество поверхностного слоя определяется шероховатостью поверхности, которая при статических нагрузках практически не оказывает влияния на прочность деталей. Однако при циклических нагрузках усталостная прочность металлов значительно снижается из-за шероховатости поверхности, поскольку микронеровности, образующиеся на поверхности после механической обработки, являются концентраторами напряжений. Данные концентраторы становятся очагами возникновения субмикроскопических нарушений сплошности металла поверхностного слоя и впоследствии являются первопричиной образования усталостных трещин. Возникающая во впадинах микронеровностей концентрация напряжений зависит от радиуса закругления впадин, высоты и шага микронеровностей.

Влияние шероховатости поверхности на сопротивление усталости в литературных источниках оценивается теоретическим коэффициентом концентрации напряжений, который в общем случае определяется формулой:

$$\alpha_{\sigma} = \frac{\sigma_{\max}}{\sigma_H}, \quad (1)$$

где σ_{\max} – максимальное напряжение в зоне концентрации, σ_H – номинальное напряжение без учета концентраций напряжений.

Согласно литературным данным, значение теоретического коэффициента концентрации напряжений после механической обработки может составлять величину от 1,5 до 3. Существующие способы оценки теоретического коэффициента концентрации напряжений требуют уточнения, поскольку одни авторы в своих расчетах рассматривают образцы, содержащие ряд мелких выточек, кольцевых надрезов, канавок. Другие предлагают представить шероховатость поверхности деталей системой периодически повторяющихся выступов и впадин, что весьма приближенно отражает реальный профиль микронеровностей поверхности.

Для судовых двигателей внутреннего сгорания срок службы коленчатого вала определяет общий срок службы двигателя. Поломка коленчатого вала может стать причиной длительного простоя или привести к крупной аварии судна.

Установлено [1, с. 13], что разрушение коленчатых валов происходит в результате зарождения и развития усталостных трещин в галтелях, шейках и в щеках валов. Поэтому при изготовлении или в процессе ремонта коленчатого вала его шейки и галтели подвергают полированию с целью уменьшения высоты микронеровностей поверхностей. Однако в процессе эксплуатации высота микронеровностей увеличивается, что может привести к усталостным поломкам. В большинстве случаев они происходят из-за недостаточно тщательного наблюдения за коленчатым валом во время работы двигателя. Таким образом, в исследовании предлагается во время освидетельствования коленчатых валов, наряду с измерением раскёпов и просадки, оценивать шероховатость поверхности шеек и галтелей вала.

Согласно [2, с. 19], при расчете коленчатого вала судового ДВС на усталостную прочность коэффициент, учитывающий влияние шероховатости β_T , определяется уравнением в виде аппроксимации экспериментальных данных:

$$\beta_T = 1,037 - 0,362 \cdot Po + \frac{388,446}{R_m} + 0,087 \cdot Po^2 - \frac{273544,81}{R_m^2} + 82,347 \cdot \frac{Po}{R_m} - 0,0133 \cdot Po^3 + \frac{59411119}{R_m^3} - 26709,573 \cdot \frac{Po}{R_m^2} + 9,674 \cdot \frac{Po^2}{R_m^3}, \quad (2)$$

где R_m – временное сопротивление на растяжение; Po – признак обработки, принимаемый равным 1 – для зеркального полирования, 2 – тонкого шлифования, 3 – тонкого точения, 4 – грубого шлифования (грубой обточки), 5 – при наличии окалины.

Однако данный способ оценки влияния шероховатости на усталостную прочность является приближенным, поскольку коэффициент β_T не отражает влияние высоты, радиуса закругления впадин и шага микронеровностей, а значит приведенный в руководстве [2] коэффициент β_T требует уточнения.

В исследовании предлагается получение профиля шероховатости поверхности опико-механическим методом, в основе которого лежит получение профилограммы поверхности с помощью профилографов. Профилограф-профилометр «СЕЙТРОНИК ПШ8-3 С.С.» позволяет получать профилограмму поверхности на экране монитора. По оцифрованным данным профилограммы выделяется участок, содержащий самую глубокую впадину, и рассчитываются напряжения на данном участке с помощью метода конечных элементов. Полученные напряжения будут использоваться в расчете теоретических коэффициентов концентрации напряжений, которые будут отражать влияние высоты, радиуса закругления впадин и шага

микронеровностей. Вычисленные коэффициенты концентрации будут учтены в расчете коленчатого вала на усталостную прочность, уточняя коэффициент β_T .

Таким образом, по полученным коэффициентам концентрации напряжений можно оценить усталостную прочность коленчатого вала. Данный подход позволит прогнозировать долговечность коленчатых валов судовых ДВС в процессе его эксплуатации в зависимости от реального профиля микронеровностей поверхностей, полученных после механической обработки.

Список литературы

1. Матвеев, Ю. И. Надежность коленчатых валов судовых ДВС / Ю. И. Матвеев, Л. И. Погодаев // Трение, износ, смазка. – 2007. – Т. 9, № 1 (30). – С. 12–23.
2. Расчет коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания на прочность : Р.008-2004.