

Костичев В.Э., Шадрин В.К., Сазанов В.В., Николаев Н.Ю.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОТЯЖЁННОСТИ ЗОНЫ
УПРОЧНЕНИЯ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ
В ГАЛТЕЛЬНЫХ ПЕРЕХОДАХ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА ПОД ДЕЙСТВИЕМ
РАБОЧИХ НАГРУЗОК**

Анализ рекламационных исследований и испытаний на усталость коленчатого вала ЯМЗ-238 показал, что основной причиной разрушения в процессе эксплуатации является появление и развитие усталостных трещин в галтельном переходе шатунной шейки. Для повышения предела выносливости коленчатого вала используется один из методов поверхностного пластического деформирования (ППД) – обкатка галтелей коренных и шатунных шеек роликом. Данный метод обеспечивает наличие требуемого уровня сжимающих остаточных напряжений (ОН) лишь в небольшой части радиусного перехода, что приводит к образованию концентратора напряжений в переходе от галтели к цилиндрической части шатунной шейки.

Процесс упрочнения представляет собой обкатку галтели радиусом $R=6$ мм роликом с профильным радиусом $r=5,75$ мм из стали P25. Формирование требуемого уровня ОН обеспечивается за 20 оборотов вала без продольной подачи ролика с максимальным усилием $F=1$ кН. Диаметр шатунной шейки $D=88$ мм. Коленчатый вал ЯМЗ-238 изготовлен из стали 50Г с последующим улучшением и закалкой током высокой частоты цилиндрической части коренных и шатунных шеек. По результатам механических испытаний образцов, вырезанных из вала, предел прочности составил $\sigma_s=759$ МПа и предел текучести – $\sigma_l=45,9$ МПа.

В работе [1] выполнено исследование влияния упрочняющей обработки на остаточные напряжения с применением метода конечных элементов (МКЭ), по результатам которого получено напряжённо-деформированное состояние (НДС) коленчатого вала под действием рабочих нагрузок, соответствующих реальному циклу работы двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с учётом упрочняющей обработки. На основании этих исследований и данных работы [2] проведено обоснование смещения опасного сечения и области зарождения усталостных трещин от наименьшего сечения шейки в сторону галтельного перехода, в соответствии с результатами исследований, приведённых в работе [2]. Галтельный переход представляет собой короткую зону упрочнения, так как обкатка роликом производится без продольной подачи.

В данной работе выполнено исследование влияния длины упрочнённой зоны на растягивающие напряжения в галтельном переходе шатунной шейки под действием рабочих нагрузок.

С использованием методики динамического моделирования [3] зона, подвергаемая упрочнению, была увеличена на 1 мм, 2 мм и 6 мм и произведён анализ НДС в области концентратора напряжений с учётом рабочей нагрузки и режимов упрочнения, соответствующих действительным. Результаты расчёта напряжений на поверхности галтели шатунной шейки и перехода на цилиндрическую часть представлены на рисунке 1.

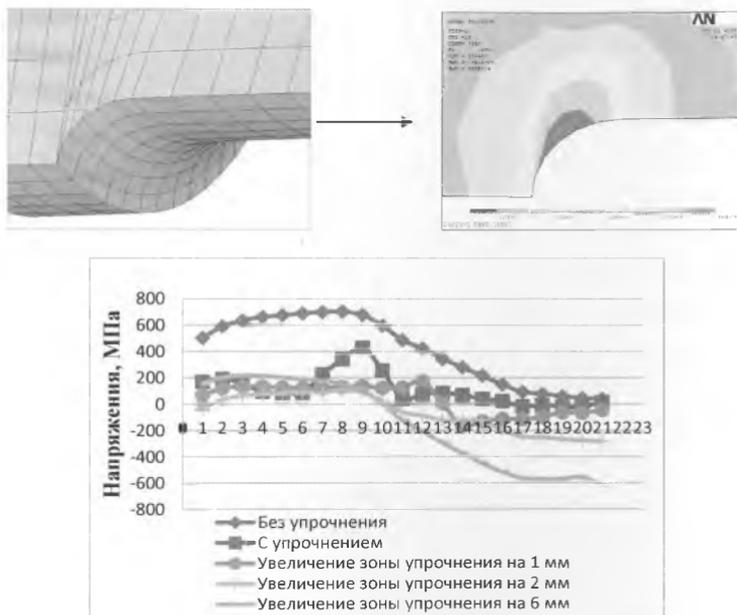


Рисунок 1 – Распределение напряжений по поверхности галтели под действием рабочих нагрузок

Распределение напряжений по поверхности галтели и цилиндрической части шатунной шейки без упрочнения имеет плавный переход от максимального значения в середине галтельного перехода к минимальному значению на цилиндрической части. После упрочнения зона с остаточными напряжениями сжатия является достаточно короткой, что приводит к резкому «скачку» растягивающих напряжений ниже опасного сечения в направлении к цилиндрической части. При увеличении протяжённости

упрочняемой зоны даже на 1 мм происходит сглаживание неравномерности распределения растягивающих напряжений, а максимум смещается в сторону цилиндрической части. Смещение зоны на 2 мм и более приводит практически к полному исключению ярко выраженного максимума растягивающих напряжений и существенному увеличению уровня остаточного напряжения сжатия после упрочнения, что соответствует данным работы [2].

Таким образом, на основании выполненных расчётов можно сделать вывод о необходимости увеличения протяжённости упрочняемой зоны в сторону цилиндрической части минимум на 1-2 мм, что позволит увеличить уровень остаточных напряжений сжатия в опасном сечении галтельного перехода и, в свою очередь, повысить предел выносливости коленчатого вала двигателя ЯМЗ-238.

Библиографический список

1. Букатый, С.А. Разработка метода исследования деталей тепловых двигателей в концентраторах напряжений с учётом упрочняющей обработки поверхностным пластическим деформированием [Текст] / С.А. Букатый, А.С. Букатый, В.Э. Костичев // Сборник тезисов докладов 16-ой Международной научно-практической конференции «Технологии упрочнения, нанесения покрытий и ремонта: теория и практика». Санкт-Петербург, 15-18 апреля: С.-П. гос. политехн. ун-т, 2014. – С. 121-123.
2. Павлов, В.Ф. Расчёт остаточных в деталях с концентраторами напряжений по первоначальным деформациям [Текст] / В.Ф. Павлов, А.К. Столяров, В.С. Вакулюк, В.А. Кирпичёв. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2008. – 124 с.
3. Букатый, А.С. Повышение сопротивления усталости деталей технологическими методами с использованием динамического моделирования [Текст] / А.С. Букатый, В.Э. Костичев, Е.А. Денискина // Проблемы и перспективы развития двигателестроения. – 2014. – Ч. 1. – С. 231-232.