

ПРОБЛЕМЫ ПРАВКИ И ПОВЫШЕНИЯ ДОЛГОВЕЧНОСТИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

В.Е. Антонюк

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Минск;

Э.М. Дечко

Белорусский национальный технический университет, Минск;

В.В. Рудый

РУП «Белорусский автомобильный завод», Жодино

За последние годы произошло значительное увеличение мощности тракторных двигателей, однако основные конструктивные параметры коленчатого вала остались без изменений. В процессе эксплуатации из-за увеличения нагрузок на коленчатый вал изменился характер его напряженного состояния.

По конструкции коленчатый вал тракторного двигателя относится к нежестким деталям с переменными сечениями по длине. При изготовлении коленчатый вал подвергается различным деформациям, что приводит к возникновению остаточных напряжений после обработки.

Во многих исследованиях отмечаются негативные влияния остаточных напряжений на эксплуатационные характеристики коленчатого вала, однако механизм возникновения остаточных напряжений и характер их взаимодействия с эксплуатационными нагрузками изучен недостаточно.

Под действием переменных нагрузок уже в первые часы работы двигателя в коленчатом вале происходит перераспределение и изменение характера остаточных напряжений, что вызывает изменение положения геометрических осей коленчатого вала и, соответственно, изменение работы коленчатого вала в двигателе.

В связи с этим решение проблемы стабилизации остаточных напряжений коленчатого вала является одним из важнейших направлений повышения эксплуатационных характеристик тракторного двигателя. Под стабилизацией остаточных напряжений коленчатого вала следует понимать создание такого равновесного его состояния, при котором геометрическая точность коленчатого вала остается стабильной как в процессе изготовления, так и в процессе эксплуатации.

Основные причины возникновения остаточных напряжений в коленвале:

- статическая правка в холодном состоянии, которая вызывает значительные напряжения в галтелях и снижает усталостную прочность на 10...15 % [1];

- токарная обработка в зависимости от уровней скорости резания и подачи, величины переднего угла резцов и их затупления приводит к образованию остаточных напряжений 20...80 кг/мм² на глубине 50...100 мкм;

- шлифование вызывает образование температурных напряжений, которые по мере остывания коленчатого вала становятся растягивающими 40...80 кг/мм² на глубине 20 – 50 мкм.

Современное оборудование для правки коленчатых валов предлагают фирма JENNI PRESSEN AG (в настоящее время прекратила самостоятельное существование), Швейцария, и фирма CESARE GALDABINI S.p.A., Италия. Для коленчатых валов фирма JENNI предлагает правильный автомат JENNI-AP, обеспечивающий правку коленчатого вала с достижением биения после закалки ТВЧ в пределах 0,05 мм примерно за 30 с.

Фирма GALDABINI предлагает правильный автомат, обеспечивающий биение в пределах 0,20 мм при производительности 100 коленчатых валов в час.

Применение правильных автоматов фирм JENNI и GALDABINI в технологическом процессе изготовления коленчатого вала позволяет резко повысить качество и стабильность правки, которые при ручной правке зависят от человеческого фактора. Повышение точности после правки позволяет снизить припуски под черновое и чистовое шлифование коренных и шатунных шеек, что приводит к уменьшению количества шлифовального оборудования и трудоемкости изготовления коленчатого вала.

Следует отметить, что достижение высокой точности и высокой производительности на правильных автоматах фирм JENNI и GALDABINI по сравнению с обычной ручной правкой обеспечивается благодаря примененным системам ЧПУ для работы правильного пресса. Сама сущность правки на правильных автоматах фирм JENNI и GALDABINI остается статической, так как процесс правки осуществляется за одно, максимум за 2-3 нагружения. Поэтому при достижении достаточно высокой точности эти методы правки не снимают остаточных напряжений и не гарантируют, что после такой правки детали не будут продолжать деформироваться.

Для решения проблемы стабилизации геометрических параметров коленчатого вала в процессе обработки целесообразно использовать динамическую стабилизацию.

Динамическая стабилизация основана на том, что при нагружении детали знакопеременной циклической нагрузкой с амплитудными значениями в диапазоне от предела пропорциональности $\sigma_{пп}$ до предела текучести σ_T происходит стабилизация геометрической формы детали относительно оси или плоскости приложения знакопеременной нагрузки (рис. 1).

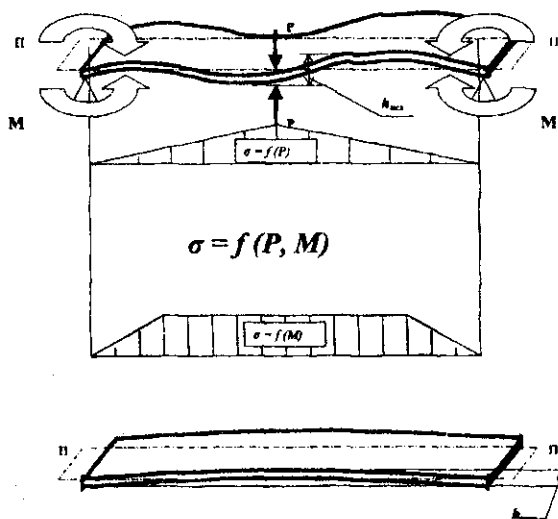


Рис. 1. Принцип нагружения для осуществления динамической стабилизации

Принципиальная схема нагружения на опытной установке для динамической стабилизации коленчатых валов представлена на рис. 2.

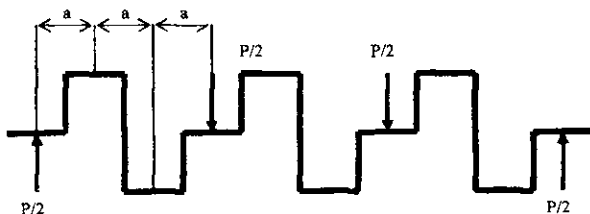


Рис. 2. Схема нагружения коленчатого вала при динамической стабилизации

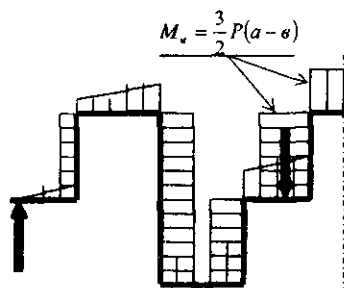


Рис. 3. Эпюра изгибающих моментов в коленчатом валу

Основным условием динамической стабилизации является создание в коленчатом валу достаточно высоких напряжений в диапазоне до динамического предела текучести для данного материала. Для предлагаемой схемы нагружения коленчатого вала эпюра изгибающих моментов представлена на рис. 3.

Максимальные напряжения создаются в месте перехода от щеки вала ко второй шатунной шейке:

$$\sigma_{\max ш} = \frac{15P(a-b)}{d^3}, \text{ в шейке вала;}$$

$$\sigma_{\max щ} = \frac{9P(a-b)}{hb^2} \text{ для щеки вала,}$$

где a – расстояние между серединами шеек вала, b – ширина щеки, h – высота щеки, d – диаметр шатунной шейки вала.

После определения значений максимальных расчетных напряжений по принятой схеме нагружения для назначения режима динамической стабилизации выдерживаются следующие условия [2, 3]:

- максимальное суммарное напряжение $\sigma_{рас}$, создаваемое в процессе нагружения, должно быть в диапазоне $(1,0 \dots 0,85) \sigma_T$ динамического предела текучести для применяемого материала;

- суммарное число циклов нагружения рекомендуется в пределах $50 \dots 300$ и должно окончательно уточняться по уровню накопления усталостных повреждений.

Для опробования возможности применения динамической стабилизации для коленчатых валов была спроектирована и изготовлена опытная установка для динамической стабилизации коленчатого вала автомобиля ГАЗ-51. Коленчатый вал устанавливается на опорах на первой и четвертой коренных шейках, нагрузка на коленчатый вал передается через вторую и третью коренные шейки. После приложения нагрузки коленчатый вал приводился во вращение. Испытывались режимы стабилизации с различными величинами деформации и частоты вращения коленчатого вала.

В результате проведенных исследований были установлены режимы стабилизации, обеспечивающие уменьшение первоначального биения коренных шеек с $1,6 \dots 1,7$ мм до $0,05 \dots 0,15$ мм. Частота вращения вала была

100 мин⁻¹. Стабилизированные таким образом коленчатые валы сохраняли достигнутое биение без изменений в течение 240 часов, а через 500 часов вылеживания было отмечено увеличение достигнутого биения в пределах 15 ... 30 %.

Правленные коленчатые валы статическим изгибом через 500 часов вылеживания имели увеличение достигнутого биения на 90 ... 120 %.

Выводы. Динамическая стабилизация является современным универсальным методом правки коленчатых валов, обеспечивающим как повышение геометрической точности, так и снятие остаточных напряжений.

Разработанные теоретические основы динамической стабилизации нашли практическое применение при изготовлении таких нежестких деталей, как диски сцепления и фрикционные диски.

Литература

1. Серенсен, С.В. Несущая способность и расчет деталей машин на прочность / С.В. Серенсен, В.П. Когаев, Р.М. Шнейдерович. – 3-е. изд. – М.: Машиностроение, 1975. – 488 с.

2. Антошок, В.Е. Динамическая стабилизация геометрических параметров деталей знакопеременным нагружением / В.Е. Антошок. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 184.

3. Антошок, В.Е. Технологическая классификация принципов динамической стабилизации параметров деталей / В.Е. Антошок, Э.М. Дечко, В.В. Рудый // Вестник ПГУ. Серия В. – 2006. – № 12. – С. 12 – 18

УДК 621.001.63:005.6

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ С ПОЗИЦИИ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА, ОХРАНЫ ТРУДА И ЭКОЛОГИИ. ТРАДИЦИИ И ИННОВАЦИИ МЕТОДОЛОГИИ

А.Н. Панов

ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси», Минск;

И.И. Осмола

*НПРУП «Белорусский государственный институт стандартизации
и сертификации», Минск*

Обострение конкурентной борьбы, возрастание тяжести последствий техногенных катастроф, сокращение ресурсов сопровождается стремлением организаций снизить риски возникновения несоответствий до приемлемых для ведения успешного бизнеса и достижения удовлетворенности всех заинтересованных сторон (потребителей, владельцев, работников, поставщиков,