

Литература

1. Новые ресурсосберегающие технологии и композиционные материалы / Ф.Г. Ловшенко [и др.]. – М.: Энергоатомиздат; БелГУТ, 2004. – 519 с.
2. Нанокомпозиционные машиностроительные материалы: опыт разработки и применения / С.В. Авдейчик [и др.]; под. ред. В.А. Струка. – Гродно: ГрГУ, 2006. – 403 с.
3. Верещака, А.С. Режущие инструменты с износостойкими покрытиями / А.С. Верещака, И.П. Третьякова. – М., 1986. – 240 с.
4. Шадричев, Е.В. Изучение износостойкости инструментальных материалов с ионно-плазменными покрытиями нитрида титана / Е.В. Шадричев // Трение и износ. – 1994. – Т. 5, № 4. – С. 660 – 744.
5. Влияние фазового состава на износостойкость ионно-плазменных покрытий из нитрида титана / Г.С. Фукс-Рабинович [и др.] // Трение и износ. – 1989. – Т. 10, № 4. – С. 742 – 744.
6. Фукс-Рабинович, Г.С. О некоторых принципах выбора композиционных материалов с поверхностью, упрочненной по комбинированной технологии для условий адгезионного изнашивания режущего инструмента / Г.С. Фукс-Рабинович // Трение и износ. – 1995. – Т. 16, № 2. – С. 291 – 297.
7. Fux-Rabinovich, G.S. Structure of Complex coatings // Wear. – 1993. – Vol. 160, no. XII. – P. 67 – 76.
8. Фторсодержащие ингибиторы изнашивания металлополимерных трибосистем / С.В. Авдейчик [и др.]. – Минск, 2011. – 270 с.

УДК 621.793.7.001.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОГО УПРОЧНЕНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ И ТВЕРДОСТИ ГАЛТЕЛЕЙ СЕРИЙНЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ТРАКТОРОВ «БЕЛАРУСЬ»

С. Э. Завистовский, Т. И. Завистовская

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Оценка сопротивления усталости производилась при сравнительных испытаниях партии элементов коленчатых валов по среднему значению ограниченного предела выносливости на базе 10^7 циклов нагружения (в дальнейшем просто предел выносливости). Испытания проводились на стенде конструкции ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларусь», позволяющем испытывать каждое колено коленчатого вала без поломки последнего.

Некоторые характеристики коленчатых валов, изготовленных из различных: материалов, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Прочностные характеристики коленчатых валов,
изготовленных из различных материалов

| Материал коленчатого вала | Предел текучести материала, МПа | Предел выносливости материала, МПа | Предел выносливости коленвала, МПа |
|---------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Сталь 50Г | 400 | 320 | 140 |
| Сталь 38ХН3МА | 650 | 440 | 165 |
| Сталь 45 | 340 | 280 | 125 |
| Сталь 40Х | 500 | 400 | 145 |
| Сталь 45ГРФЕ | 650 | 410 | 135 |

Для определения нагрузки, воспринимаемой коленчатым валом в процессе исследований, проводилась статическая тарировка машины. Для этой цели конструкция оснащена специальным тарировочным приспособлением.

Предел усталости σ_{-1} определяется расчетным путем по известной следующей методике:

$$\sigma_{-1} = \frac{M_{us}}{W}, \text{ где } W = \frac{b \cdot h^2}{6}.$$

Преимуществом машины являются сравнительно малые габариты, простота в изготовлении и обслуживании, возможность испытания на выносливость любого колена без необходимости порезки коленчатого вала, что обеспечивает существенное сокращение работ на подготовку, а также позволяет получить с одного коленчатого вала максимально возможное число образцов, равное числу колен.

Первое испытание начинается на уровне напряжений, равном предполагаемому среднему значению предела выносливости, который можно ориентировочно определить по формуле

$$\sigma_{-1} = a + b \cdot \sigma_{ep}.$$

Данные для расчетов по формуле брались из соответствующей справочной литературы.

Если разрушение испытываемого колена не произошло до базового числа циклов, то следующее колено испытывается при более высоком напряжении:

$$\sigma_{i+1} = \sigma_i + \Delta\sigma.$$

При разрушении первого колена следующее необходимо испытывать на более низком уровне нагрузки и т.д. Период между уровнями нагрузки

выбирается постоянным, не превышающим 1 – 2 значений среднеквадратического отклонения предела выносливости.

Если $\sum n = N$ – наименьшее из двух чисел и соответствующее менее частому событию (разрушение или не разрушение) - происходило при нагрузках $P_0, P_1 \dots P_i$, причем, при указанных нагрузках это событие наступало $n_0, n_1 \dots n_i$ раз, то среднее значение предела выносливости определяется по формуле

$$\sigma_{-1} = \sigma_0 + d \left[\frac{\sum i \cdot n_i}{N} \pm 0,5 \right].$$

Знак «плюс» в формуле ставится при анализе неразрушений, «минус» – при анализе разрушений.

Среднеквадратичное отклонение предела выносливости можно определить по формуле:

$$S_{\sigma_{-1}} = 1,62d \left[\frac{N \cdot \sum i^2 \cdot n_i - (\sum i \cdot n_i)^2}{N^2} + 0,029 \right].$$

Обработка результатов усталостных испытаний элементов коленчатых валов двигателей Д-240 и Д-260 по приведенным формулам представлена в табл. 2.

Нужно отметить, что разброс значений предела выносливости по результатам усталостных испытаний элементов для серийных коленчатых валов Д-240 и Д-260 не превышает 10 % от величины его среднего значения.

Таблица 2

Результаты исследований прочности элементов коленчатых валов двигателей
Д-240 и Д-260

| Наименование испытуемого объекта | Среднее значение предела выносливости, МПа | Среднеквадратическое отклонение предела выносливости, МПа |
|-------------------------------------|--|---|
| Элементы серийного коленвала Д-240 | 143,0 | 6,8 |
| Элементы серийного коленвала Д-260 | 149,0 | 7,0 |

При пневмодинамической обработке шариками, когда удары шариков следуют один за другим с большой частотой (частота ударов на поверхности диаметром 60 мм составляет примерно $10^3 - 10^6$ уд./с), первонаучальные удары очищают поверхность не только от окалины или окисной пленки, но и от инородных молекулярных частиц, делая ее ювенильно чистой. Этот процесс протекает в условиях сухого трения.

В месте удара шарика, имеющего, например, скорость 60 м/с, мгновенная температура достигает 600 °С. Поэтому локальный нагрев, которым сопровождается пластическое деформирование, снижает эффект наклена тонких слоев и вызывает смещение зоны максимального значения микротвердости в подповерхностный слой. Разупрочнение, вызываемое распадом мартенсита, усиливается с увеличением времени наклена.

При наклете в течение 1,5 мин микротвердость снижается в слое толщиной до 45 мкм. При упрочнении в течение 2 мин и особенно 4 мин, микротвердость максимальна на расстоянии соответственно 60 и 140 мкм от поверхности.

Из обобщенной зависимости влияния времени (энергии) упрочнения на твердость поверхностного слоя видно, что наибольшая микротвердость наблюдается на поверхности лишь при наклете элемента поверхности в течение времени, меньшего 1 мин ($E_{y\delta} < 56 \text{ кДж/м}^2$).

Упрочнение в течение времени, меньшего 2 мин ($E_{y\delta} < 112 \text{ кДж/м}^2$), повышает микротвердость поверхности, но максимальное ее значение находится под поверхностью.

Более продолжительный наклеп снижает твердость поверхности и увеличивает разность твердостей поверхности и наиболее упрочненного слоя. Время наклена, большее 4 мин ($E_{y\delta} < 224 \text{ кДж/м}^2$), приводит к снижению твердости наиболее упрочненного слоя; микротвердость на поверхности снижается ниже исходного значения.

УДК 620.1:539.4

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В. Э. Завистовский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Долговечность коленчатых валов определяется сопротивлением усталости и износостойкостью. Сопротивление усталости – главный критерий качественного восстановления изношенных шеек коленчатых валов. Отрицательное влияние на сопротивление усталости оказывают растягивающие напряжения, которые вызываются неоднородностью пластической деформации, различием коэффициентов расширения основного и наплавленного металлов, структурными превращениями в наплавленном металле