

**ЗАЛЕЧИВАНИЕ МИКРОТРЕЩИН
В ПРОЦЕССЕ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
ГАЛТЕЛЕЙ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ**

С. Э. ЗАВИСТОВСКИЙ, В. Э. ЗАВИСТОВСКИЙ, А. С. КИРИЕНКО
Полоцкий государственный университет, Беларусь

Наклеп на поверхности галтелей, образующийся при пневмодинамической обработке позволяет снизить вредное влияние начальных микротрещин усталости на прочность металла, замедляя или даже приостанавливая их развитие.

Усталостное разрушение коленчатых валов в большинстве случаев начинается с зарождения трещины усталости в галтелях шатунных шеек в плоскости кривошипа. Зарождение трещины происходит в поверхностных слоях материала галтели. Этому способствуют:

- высокая концентрация напряжений в галтелях. Напряжения в галтелях могут в три, а иногда и в десять раз превышать номинальные напряжения в шейках коленчатого вала;

- наличие структурных концентраторов напряжений, вызванных механической обработкой поверхностных слоев металла, и исходное состояние материала (факторы, снижающие сопротивление усталости коленчатых валов на 20...30 %);

- остаточные напряжения в поверхностных слоях, вызванных технологическими рихтовками и закалкой шеек ТВЧ.

Дефектная структура твердых тел формируется уже на этапе получения самого материала. В процессе изготовления из него изделий и при эксплуатации готовых изделий она может существенно трансформироваться. При определенных условиях трещины в металле способны залечиваться (уменьшать свой объем), что приводит к улучшению эксплуатационных характеристик материала.

Трещины являются стоками для точечных дефектов и микропор в твердом теле. Процесс залечивания (разрастания) связан с потоком микропор (вакансий) от трещины (к трещине). Ранее установлено [1], что концентрация вакансий у поверхности малых трещин (пор) выше, чем у больших, и следовательно, появляется поток вакансий от малых трещин к

большим. Происходит залечивание малых трещин. Поток микропор на поверхность единицы длины трещины f рассчитывается по формуле:

$$f = \frac{\gamma n_1}{R} \sqrt{\frac{D}{n_2}} \frac{K_1(z)}{K_0(z)}, \quad (1)$$

где $\gamma = \frac{2\alpha\Omega}{kT}$; $z = R\sqrt{\frac{n_2}{D}}$; R – радиус трещины; D – эффективный коэффициент диффузии для дефектов данного типа; n_1, n_2 – константы; α – удельная поверхностная энергия; Ω – характерный объем одной микропоры (дефекта); T – абсолютная температура; $K_i(z)$ – цилиндрические функции Макдональда i -го порядка.

При оценке процесса залечивания трещины необходимо определить относительное изменение объема трещины (относительную скорость залечивания трещины): $\varepsilon = \Delta V/V$.

На рисунке 1 представлены зависимости относительного изменения объема трещины от температуры для различных значений энергии активации диффузии микропор. Известно [2], что в металлах энергия активации для вакансий лежит в интервале 0,9-2,0 эВ.

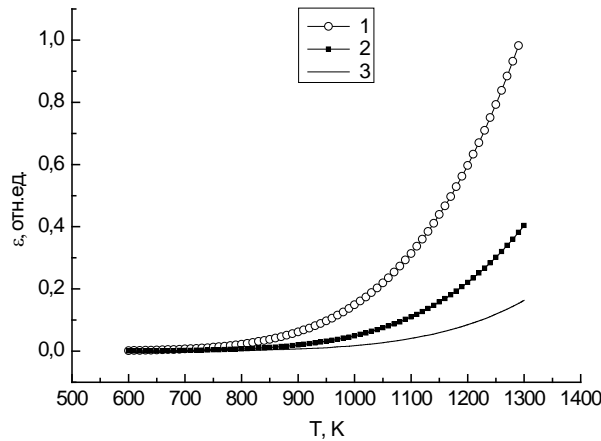


Рис. 1. Зависимость относительного изменения объема трещины от температуры при различных энергиях активации пор, эВ: 1 – 1; 2 – 1,13; 3 – 1,25 ($D_0=5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, $t = 20 \text{ ч}$)

Как видно из рис.1 изменение энергии активации пор в небольшом интервале 1–1,25 эВ существенным образом влияет на параметр залечивания. Кроме этого, скорость процесса залечивания зависит от температуры.

С ростом температуры резко возрастает отличие в скорости залечивания в исследуемом интервале энергий.

Предполагается, что поток примесных атомов в процессе залечивания должен быть на порядок меньше вакансионного механизма, поскольку энергия миграции для примесей E_a лежит в широких пределах от 1 до 5 эВ. Таким образом, основное влияние пор на залечивание трещин связано с низким значением энергии активации диффузии пор.

Учитывая сложную конструкцию коленчатых валов и ограниченный эффект упрочнения галтелей обкаткой роликом на увеличение предела выносливости из-за удлинения натуральных коленчатых валов и их коробления наиболее применительным методом упрочнения представляется местное пневмодинамическое упрочнение галтелей дробью или шариками, что может увеличить их усталостную прочность до 40-50% и тем самым продлить ресурс работы восстановленных деталей.

В качестве специальной оснастки для пневмодинамического упрочнения разработана конструкция устройства [3], показанного на рис.2.

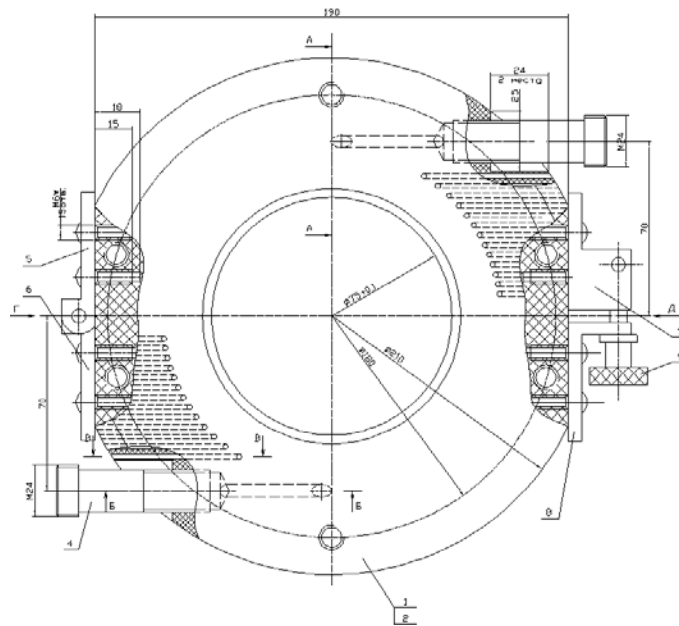


Рис. 2. Конструкция специальной пневмодинамической камеры для упрочнения шеек коленчатых валов: 1 – крышка; 2 – крышка; 3 – сегмент; 4 – резьбовой клапан; 5, 6 – элемент петли; 7 – хомут; 8 – упор; 9 – головка резьбовая; 10, 11 – ось

Работоспособность и надежность конструкции специальной оснастки можно подтвердить с помощью ускоренного метода определения циклической долговечности поверхностно-упрочнённых поверхностей галтелей шеек коленчатых валов с помощью обобщенной номограммы, позволяю-

шей определить циклическую долговечность N поверхностно-упрочненных деталей. Наличие номограммы позволяет провести сравнительную оценку влияния размеров поперечного сечения, выбранного конструкционного материала, способа и режима поверхностного упрочнения на величину циклической долговечности, сэкономить время для инженерных расчётов долговечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zavistovskiy, V. On interaction between cracks and particles in coated materials / V. Zavistovskiy, E. Bogdanova, S. Zavistovskiy // Fracture mechanics and physics of construction materials and structures : materials of II international symposium, 7-10 November 1996, Lviv-Dubliany. – P. 45–48.
2. Фистуль, В.И. Физика и химия твердого тела / В.И. Фистуль. – М. : Metallurgy. – 1995. – 486 с.
3. Завистовский, С.Э. Патент на полезную модель «Пневмодинамическая камера для упрочнения шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания» : № 8054 / С.Э. Завистовский, А.С. Кириенко, Р.И. Бельченков ; дата публ.: 12.09.2011.