

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Филонов, И.П. Вероятностно-статистические методы оценки качества в машиностроении / И.П. Филонов, А.И. Медведев.- Мн.: Тесей, 2000.- 128 с.
2. Махутов, Н.А. Применение численных методов расчета показателей надежности элементов конструкций с повреждениями / Н.А. Махутов, И.И. Кокшаров, А.М. Лепихин // Проблемы прочности, 1991, № 5.- с. 3 – 8.
3. Завистовский, В.Э. Механика разрушения и прочность материалов с покрытиями / В.Э.Завистовский. – Новополоцк: Полоцкий государственный университет. – 1999. – 144 с.
4. Витязь, П.А. Упрочнение газотермических покрытий / П.А. Витязь, Р.О. Азизов, М.А. Белоцерковский.- Мн.:БЕСТПРИНТ.- 2004.-192 с.
5. Завистовский, В.Э. Надежность и диагностика технологического оборудования / В.Э. Завистовский.- Мн.: РИПО,2019.-257 с.

УДК67.05: 62-405.8

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПНЕВМОДИНАМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ ЗАЛЕЧИВАНИЯ МИКРОТРЕЩИН В ГАЛТЕЛЯХ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВС

Завистовский С.Э., Завистовский В.Э., Кириенко А.С.

Полоцкий государственный университет,
г. Новополоцк, Республика Беларусь

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.

Процесс залечивания (разрастания) связан с потоком микропор (вакансий) от трещины (к трещине). Ранее установлено, 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:

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

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

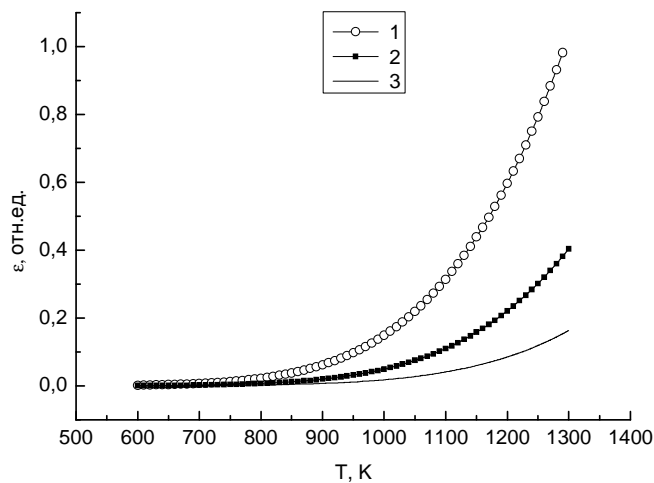


Рисунок 1 – Зависимость относительного изменения объема трещины от температуры при различных энергиях активации пор, эВ: 1 – 1; 2 – 1,13; 3 – 1,25 ($D_0=5 \cdot 10^{-6}$ м²/с, t=20 ч)

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 рациональным 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 оснастки для пневмодинамического упрочнения разработана конструкция устройства [2], показанного на рис.2.

Оборудование для пневмодинамического упрочнения галтелей было разработано применительно к коленчатым валам дизельных двигателей тракторов «Беларусь» Д-240 и Д-260. Основу конструкции составляет пневмадинамическая камера определенного профиля, в которой под действием избыточного давления пневмосети движутся стальные шарики, по траекториям, гарантирующим максимальный ударный контакт с упрочняемой поверхностью галтели коленчатого вала. Выбранная конструкция технологической оснастки легко адаптируется к универсальному вспомогательному оборудованию, и имеет максимально высокую производительность при применении роторных машин.

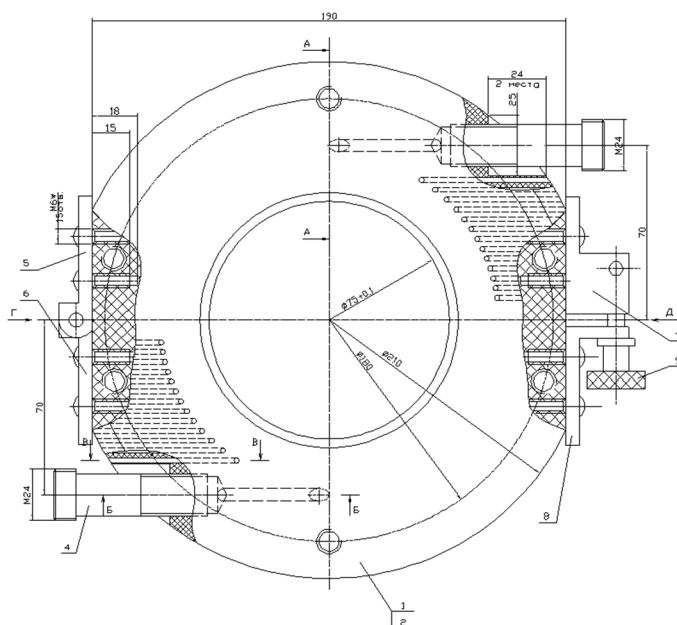


Рисунок 2 – Конструкция специальной пневмодинамической камеры для упрочнения шеек коленчатых валов: 1- крышка; 2 - крышка; 3 - сегмент; 4 - резьбовой клапан; 5,6 - элемент петли; 7 - хомут; 8 - упор; 9 - головка резьбовая; 10, 11 – ось.

Выбор метода и конструкции устройства упрочнения поверхности деталей зависит от технологической схемы обработки. В связи, с чем проанализированы данные о химическом составе и физико-механических свойствах обрабатываемого материала, требования по точности и шероховатости, предъявляемые к детали, наличия и вида покрытия, необходимой степени поверхностного упрочнения.

Основные технические возможности устройства для финишной пневмодинамической обработки:

- повышение износостойкости рабочих поверхностей деталей в 1,2...2,0 раза с уменьшением трудоемкости механообработки в 2 раза;
- формообразование поверхности с производительностью 85...2300 мм²/с (в 2...10 раз выше, чем при алмазном выглаживании);
- минимальные силы деформирования, снятие остаточных напряжений растяжения (искусственное старение);
- шероховатость поверхности Ra = 0,065...0,08 мкм (при подаче инструмента S = 250 мм/мин.

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, позволяющей определить циклическую долговечность поверхностно-упрочненных деталей [3]. Наличие номограммы позволяет провести сравнительную оценку влияния размеров поперечного сечения, выбранного конструкционного материала, способа и режима поверхностного упрочнения на величину циклической долговечности.

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фистуль, В.И. Физика и химия твердого тела / В.И. Фистуль. – М.: Металлургия. – 1995. – 486 с.
2. Завистовский С.Э., Кириенко А.С., Бельченков Р.И. Патент на полезную модель «Пневмодинамическая камера для упрочнения шеек коленчатых валов двигателей внутреннего сгорания», № 8054 от 12.09.2011г.
3. Завистовский С.Э., Завистовский В.Э., Кириенко А.С. Залечивание микротрещин в процессе пневмодинамической обработки галтелей шеек коленчатых валов/ Инновационные технологии в машиностроении [Электронный ресурс]: электронный сборник материалов международной научно-технической конференции, посвященной 50-летию ПГУ, Новополоцк, 19-20 апр.2018г. / Полоцкий гос.универ.; под ред.чл.корр., д.т.н., проф. В.К.Шелега.- Новополоцк, 2018.- 1 электрон.опт.диск CD-ROM).- с.70-73.

УДК 629.113:004.94

АНАЛИЗ МЕТОДИК МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Монтик С. В.

Брестский государственный технический университет

Брест, Республика Беларусь

При проектировании и реконструкции автотранспортных предприятий (АТП) необходима оптимизация структуры производственных подразделений по техническому обслуживанию автомобилей, т. е. определение оптимального количества постов зоны технического обслуживания (ТО) по критерию мини-