

ОПТИМИЗАЦИЯ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ЗА СЧЁТ ПРИМЕНЕНИЯ РАСЧЁТНОГО МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ УСТАЛОСТИ ДЕТАЛЕЙ

©2018 В.А. Кирпичев, В.Э. Костичев, Н.Н. Микушев, Х.К. Нгуен

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

THE HARDENING PROCESS OPTIMIZATION BY USING THE PARTS FATIGUE RESISTANCE PREDICTION CALCULATION METHOD

Kirpichev V.A., Kostichev V.E., Mikushev N.N., Nguen H.K. (Samara National Research University,
Samara, Russian Federation)

Investigated the process of hardening the crankshaft by the method of rolling fillets. Based on the application of dynamic modeling techniques, means of the software package ANSYS/LS-DYNA, and the use of the criterion of medium-integral residual stresses to assess the increase of the fatigue limit, the main reasons for reducing the fatigue resistance of crankshafts after hardening by rolling and ways to solve them are proposed.

В работе исследован процесс упрочнения коленчатого вала двигателя ЯМЗ-238, представляющий собой обкатку галтелей коренных и шатунных шеек роликом. На основании актов рекламационных отказов установлено, что в 80% случаев разрушения вала основным очагом зарождения усталостных микротрещин является галтель шатунной шейки [1].

С помощью методики динамического моделирования, средствами программного комплекса ANSYS/LS-DYNA исследован базовый технологический процесс упрочнения и его влияние на предел выносливости σ_{-1} коленчатого вала.

Установлено, что базовый вариант обработки не позволяет достичь максимально возможного эффекта в связи с влиянием короткой зоны упрочнения [2].

Для повышения предела выносливости коленчатого вала и снижения влияния эффекта коротких зон упрочнения требуется увеличение упрочняемого участка и корректировка режимов обкатки галтелей роликом.

Для оценки влияния параметров упрочняющей обработки на предел выносливости коленчатого вала произведён расчёт распределения осевых сжимающих остаточных напряжений в поверхностном слое для различных вариантов упрочнения.

Рассмотрен процесс обкатки галтелей шатунных шеек роликом с параметрами, приведёнными в табл. 1.

Таблица 1 – Параметры упрочнения

Параметр	Ед. изм.	Значение
усилие обкатки	кН	от 1 до 1,3
количество оборотов вала	об	от 5 до 20
ширина упрочняемого участка	мм	от 6 до 12

Влияние протяжённости упрочняемого участка на сжимающие остаточные напряжения σ_z по толщине поверхностного слоя t представлено на рис. 1.

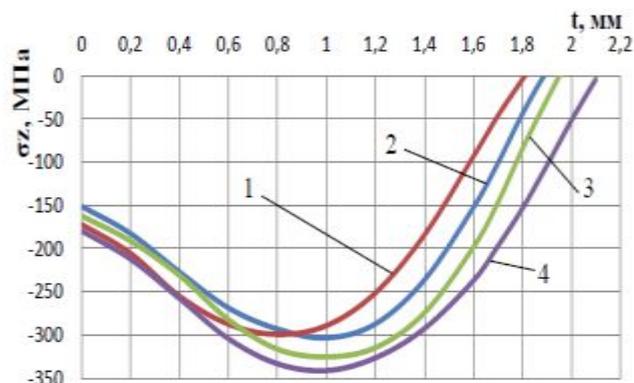


Рис. 1. Распределение осевых остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя:

- 1 – упрочнение (базовый вариант 6 мм);
- 2 – упрочнение с увеличением зоны на 1 мм;
- 3 – упрочнение с увеличением зоны на 2 мм;
- 4 – упрочнение с увеличением зоны на 6 мм

Влияние количества оборотов вала при упрочнении на сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое представлено на рис. 2.

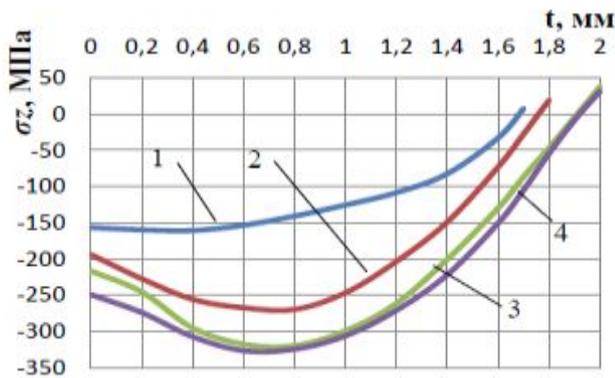


Рис. 2. Распределение осевых остаточных напряжений в поверхностном слое при обкатке с различным числом оборотов коленчатого вала: 1 – 5 оборотов; 2 – 10 оборотов; 3 – 15 оборотов; 4 – 20 оборотов

Для проверки влияния предложенных мероприятий на сопротивление усталости произведён расчёт приращения предела выносливости $\Delta\sigma_{-1}$ коленчатого вала по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений $\bar{\sigma}_{ост}$ [3-5].

$$\Delta\sigma_{-1} = \bar{\psi}_{\sigma} |\bar{\sigma}_{ост}|,$$

где $\bar{\psi}_{\sigma}$ – коэффициент влияния поверхностного упрочнения на предел выносливости по критерию среднеинтегральных остаточных напряжений.

Результаты расчёта приращения предела выносливости по сравнению с базовым вариантом и экспериментальные данные представлены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты расчёта приращения предела выносливости

Параметр	Варианты (согласно рис. 1)			
	эксперимент вариант 2	расчёт вариант 2	расчёт вариант 3	расчёт вариант 4
σ_{-1} , МПа	420	-	-	-
$\bar{\psi}_{\sigma}$	-	0,526	0,526	0,526
$\bar{\sigma}_{ост}$, МПа	-	-185	-212	-262
$\Delta\sigma_{-1}$, МПа	16,7 (4,13%)	28,7 (7,1%)	55,3 (13,7%)	

На основе полученных результатов установлено, что для полного снятия эффекта короткой зоны упрочнения необходимо увеличение упрочняемого участка не менее чем на 6 мм с количеством оборотов вала при упрочнении не менее 20.

Таким образом, предложенные параметры упрочняющей обработки позволят повысить предел выносливости вала на 13,7% по отношению к базовому варианту упрочнения.

Библиографический список

1. Костичев В.Э. Применение динамического моделирования для оценки влияния упрочняющей обработки на сопротивление усталости. / Вестник СГАУ. – № 1(14) Ч. 1. – Самара, 2015. – С. 147-153.
2. Шадрин В.К., Сазанов В.В., Костичев В.Э., Николаев Н.Ю. Исследование влияния протяжённости зоны упрочнения на распределение напряжений в галтельных переходах коленчатого вала под действием рабочих нагрузок. / XVIII Всероссийский семинар по управлению движением и навигации летательных аппаратов, 15-17 июня 2015 г., Самара, Россия, СНЦ РАН. – 2016 г. – С. 31-33.
3. Павлов В.Ф. О связи остаточных напряжений и предела выносливости при изгибе в условиях концентрации напряжений. / Известия вузов. Машиностроение. –1986. – №8. – С. 29-32.
4. Павлов В.Ф., Кирпичёв В.А., Вакулук В.С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. / Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. –125 с.
5. Павлов В.Ф., Букатый А.С., Семёнова О.Ю., Сазанов В.В., Костичев В.Э. Прогнозирование сопротивления многоциклового усталости поверхностно упрочнённых деталей с концентраторами напряжений / 5-ая Международная научно-техническая конференция «Проблемы динамики и прочности в турбомашиностроении», 27.05-30.05.2014, Киев, Институт проблем прочности им. Г.С. Писаренко НАН Украины, 2014. – С. 179-180.