

## УЧЁТ ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ДЕТАЛЕЙ ПОСЛЕ УПРОЧНЕНИЯ

©2018 В.А. Кирпичев, В.Э. Костичев, Н.Н. Микушев

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### THE RESEARCH OF THE EFFECTS OF PROCESSING RESIDUAL STRESSES AND SURFACE GEOMETRY AFTER MECHANICAL PROCESSING ON THE STRESS-STRAIN STATE OF PARTS AFTER HARDENING

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

*The results of the evaluation of the effects of processing residual stresses after machining (turning) on a stress-strain state of the cylindrical sample after hardening method of testing roller.*

В настоящее время применение расчётных методов анализа напряжённо-деформированного состояния (НДС) деталей и современной вычислительной техники позволяют существенно снизить трудоёмкость решения задач повышения сопротивления усталости деталей.

Применение динамического моделирования для анализа НДС деталей после упрочняющей обработки методами поверхностного пластического деформирования (ППД) позволяет минимизировать, а иногда и полностью исключить необходимость проведения экспериментальных исследований.

Несмотря на явные преимущества применения расчётных методов анализа НДС деталей после упрочнения результаты расчётов, в зависимости от применяемого метода ППД, имеют погрешность от 8 до 15% [1]. Причиной достаточно высокой погрешности является отсутствие учёта целого ряда технологических факторов рассматриваемого процесса, таких как отсутствие учёта использования смазывающе-охлаждающих жидкостей (СОЖ) или технологических остаточных деформаций после механической обработки.

В данной работе рассмотрено влияние технологических остаточных напряжений на точность получаемого НДС после упрочнения деталей.

Оценка влияния технологических остаточных деформаций после механической обработки рассмотрена на примере обкатки цилиндрического образца диаметром  $D=10$  мм из стали 45 роликом с профилем ра-

диусом  $r=1,6$  мм [2]. Упрочнение производилось без продольной подачи за один оборот с усилием 1 кН. Предварительная механическая обработка – точение.

Расчёт НДС образцов производился средствами программного комплекса ANSYS/LS-DYNA/AUTODYN. В основе расчётов лежит применение как метода конечных элементов (МКЭ), так и метода сглаженных частиц (SPH).

Моделирование обкатки роликом образца без предварительной механической обработки осуществлялось МКЭ в системе ANSYS/LS-DYNA. Распределение осевых  $\sigma_z$  остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя  $a$  образца представлено на рис. 1. Параметры кольцевого следа приведены в табл. 1.

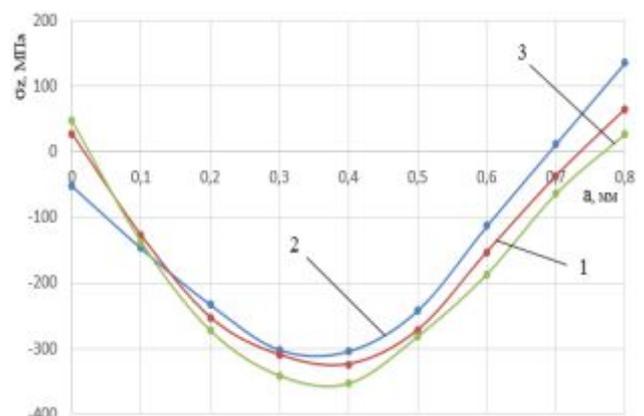


Рис. 1. Распределение осевых остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя:

- 1 – экспериментальные данные;
- 2 – МКЭ (без учёта токарной обработки);
- 3 – SPH (с учётом токарной обработки)

Таблица 1 – Погрешность определения параметров кольцевого следа по отношению к экспериментальным данным

Параметр	Эксперимент [2]	МКЭ	SPH
Ширина кольцевого следа, $S_{упр}$ , мм	0,34	0,39	0,36
Погрешность расчёта	-	14%	6%
Толщина упрочнённого слоя $\delta$ , мм	0,75	0,69	0,79
Погрешность расчёта	-	8%	5%

Моделирование обкатки роликом с учётом токарной обработки производилось с использованием SPH метода в системе ANSYS/AUTODYN. На первом этапе получено НДС образца после точения, на втором – НДС после обкатки роликом. Распределение осевых  $\sigma_z$  остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя также представлено на рис. 1, а параметры кольцевого следа – в табл. 1.

Из данных табл. 1 и рис. 1 следует, что учёт технологических остаточных напряже-

ний, вызванных токарной обработкой, позволяет получить более точные значения параметров кольцевого следа после обработки образцов в сравнении с экспериментальными данными, а также более точные значения толщины упрочнённого слоя и осевых остаточных напряжений на поверхности детали.

#### Библиографический список

1. Костичев В.Э. Повышение сопротивления усталости коленчатых валов тепловых двигателей: дис. канд. техн. наук : 01.02.06 // Костичев Владислав Эдуардович ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Самар. нац. исслед. ун-т им. С. П. Королева (Самар. ун-т). – Самара, 2017.
2. Павлов В. Ф., Кирпичёв В. А., Вакулюк В. С. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям. / Самара: Издательство СНЦ РАН, 2012. – 125 с.

УДК621.787:539.319

### РАСЧЁТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИНТЕНСИВНОСТИ НАПРЯЖЕНИЙ В РЕЗЬБОВЫХ ДЕТАЛЯХ С ОСТАТОЧНЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ

©2018 А.С. Злобин, В.П. Сазанов, Е.Е. Кочерова, Н.А. Сургутанов

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

### THE CALCULATION DEFINITION OF STRESSES INTENSITY COEFFICIENT IN THREADED PARTS WITH RESIDUAL STRESSES

Zlobin A.S., Sazanov V.P., Kocherova E.E., Surgutanov N.A. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

*The dependence of the stresses intensity coefficient on a crack size in non-hardened and hardened bolts M6 made of a titanium alloy BT16 is studied.*

Анализ отказов разъёмных соединений ряда отечественных двигателей показывает, что наиболее часто поломки происходят в резьбовых соединениях опор, коробок отбора мощности, редукторов, а также в агрегатах и элементах крепления коммуникаций масляных и топливных систем. В таких узлах соединения подвержены воздействию значительных постоянных и переменных усилий, а разрушения имеют главным образом усталостный характер [1].

В настоящее время широко известно, что наличие в поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений способствует увеличению циклической долговечности деталей, в том числе малоцикловой [2], особенно при наличии концентраторов напряжений [3]. Такие сжимающие напряжения могут являться следствием технологических процессов изготовления детали, упрочняющих обработок и т. п.