

*Сазанов В. П., Письмаров А. В., Пилипив О.М.,
Чуриков Д.С., Сеницын К.С.*

ВЛИЯНИЕ УПРОЧНЕНИЯ БОКОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ НА ОСТАТОЧНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ ВО ВПАДИНЕ ПРОФИЛЯ РЕЗЬБЫ

При использовании современных расчётных комплексов типа PATRAN/NASTRAN, ANSYS, реализующих метод конечных элементов в форме перемещений, моделирование остаточного напряжённо-деформированного состояния в резьбовых деталях, подобно и другим деталям, выполняется методом термоупругости, основанного на аналогии температурной задачи и задачи о первоначальных деформациях [1]. Однако существенным недостатком моделирования и расчётов в целом может оказаться отсутствие экспериментальных данных по остаточным напряжениям на боковых поверхностях профиля резьбы, так как в настоящее время разработаны только методы их определения по глубине впадин [2–4]. В связи с этим, задача исследования влияния остаточных напряжений на боковых поверхностях на их значения во впадинах резьбы является актуальной, так как сопротивление усталости и прочность определяется наименьшим сечением детали.

В данном исследовании использованы результаты изучения влияния сжимающих остаточных напряжений на сопротивление усталости накатанной метрической резьбы различного типоразмера из титанового сплава ВТ16 [2]. Эпюры остаточных напряжений $\sigma_{ост}$ по толщине поверхностного слоя впадины резьбы a , полученные экспериментально методом удаления части поверхности и методом колец и полосок, показаны на рис. 1.

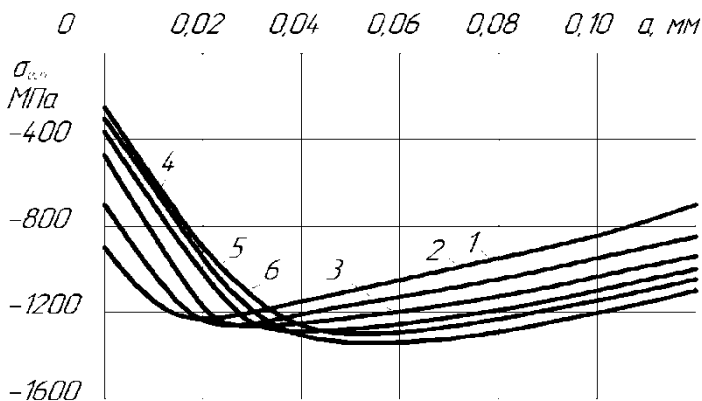


Рис. 1. Распределение остаточных напряжений во впадинах поверхностного слоя болтов из сплава ВТ16:
 1 – М4; 2 – М5; 3 – М6; 4 – М8; 5 – М10; 6 – М12

Необходимый объём расчётов выполнен с использованием расчётного комплекса ANSYS с моделированием первоначальных деформаций методом термоупругости в осесимметричной постановке формы резьбовой детали. Соотношение между осевыми и окружными первоначальными деформациями принято в соответствии с [3], а радиальная компонента определена из условия несжимаемости объёма. Расчёты проведены для случаев с наличием первоначальных деформаций на боковых поверхностях профиля и без них. Их распределения на боковых поверхностях профиля резьбы были приняты одинаковыми с их распределениями по толщине впадины, приведенными на рис. 1.

Распределения осевых остаточных напряжений по сечению резьбы М8 с первоначальными деформациями на боковых поверхностях профиля и без них приведены на рис. 2–3.

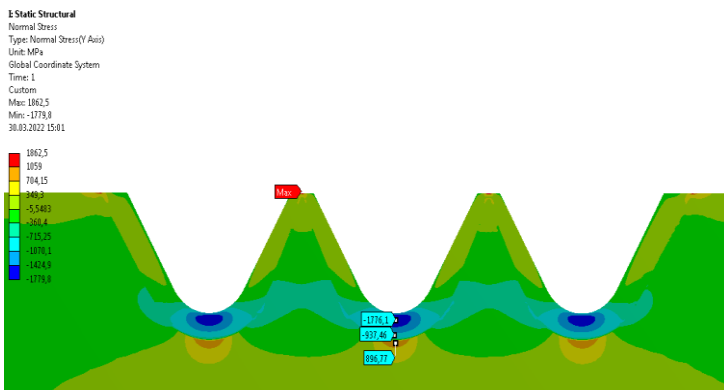


Рис. 2. Распределение осевых остаточных напряжений с первоначальными деформациями по всему профилю резьбы М8

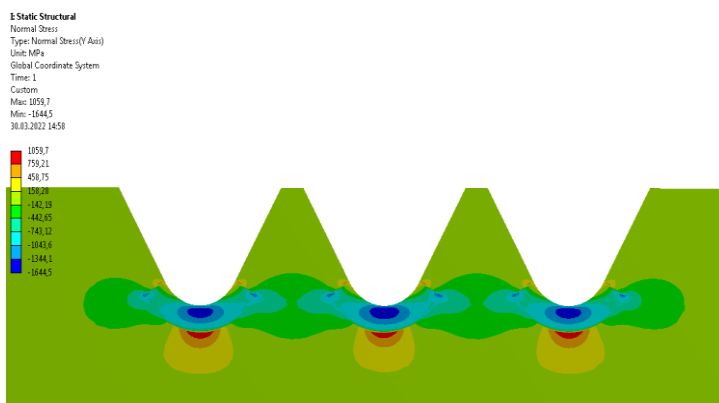


Рис. 3. Распределение осевых остаточных напряжений без первоначальных деформаций на профиле резьбы М8

Из рис. 2 и 3 следует, что характер распределения осевых остаточных напряжений во впадине резьбы отличается более высоким уровнем остаточных напряжений только на треугольной части профиля. Распределение осевых остаточных напряжений по толщине сечения впадины для резьбы М6 и М8 показаны на рис. 4 и 5.

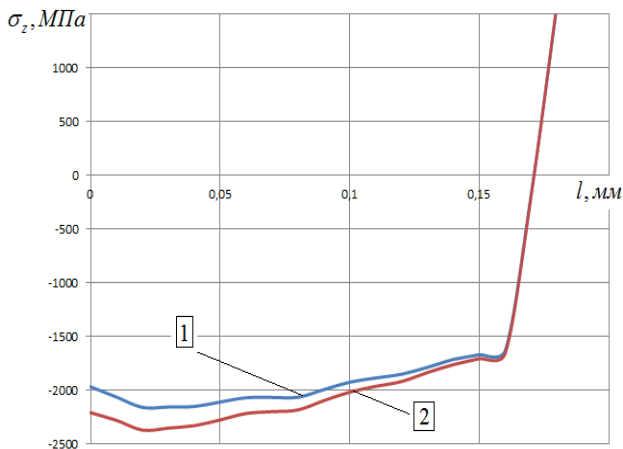


Рис. 4. Распределение осевых остаточных напряжений по толщине впадины резьбы М6; 1 – без первоначальных деформаций; 2 – с первоначальными деформациями на боковых поверхностях профиля

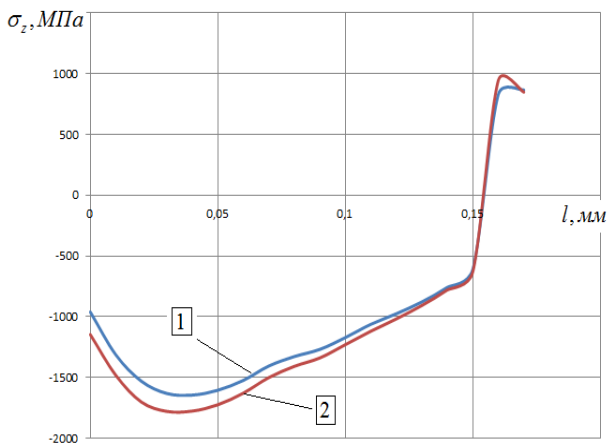


Рис. 5. Распределение осевых остаточных напряжений по толщине впадины резьбы М8; 1 – без первоначальных деформаций; 2 – с первоначальными деформациями на боковых поверхностях профиля

Из графиков на рис. 4 и 5 следует, что расхождение между наибольшими значениями осевых остаточных напряжений по толщине впадины резьбы не превышает 5%. Поэтому выполнение расчётов без первоначальных деформаций на боковых поверхностях при моделировании остаточного напряжённо-деформированного состояния допустимо при их незначительной погрешности и, очевидно, будет идти в запас прочности.

Библиографический список

1. Сазанов, В.П. Определение первоначальных деформаций в упрочнённом слое цилиндрической детали методом конечно-элементного моделирования с использованием расчётного комплекса PATRAN/NASTRAN / В.П. Сазанов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк, В.Ф. Павлов // Вестник УГАТУ. – 2015. – Т. 19. – №2 (68). – С. 35–40.

2. Иванов, С.И. Остаточные напряжения и сопротивление усталости высокопрочных резьбовых деталей / С.И. Иванов, В.Ф. Павлов, Б.В. Минин, В.А. Кирпичёв, Е.П. Кочеров, В.В. Головкин. – Самара: Издательство СНЦ РАН, 2015. – 170 с.

3. Павлов, В.Ф. Прогнозирование сопротивления усталости поверхностно упрочнённых деталей по остаточным напряжениям / В.Ф. Павлов, В.А. Кирпичёв, В.С. Вакулюк – Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. – 125 с.

4. Иванов, С.И. К определению остаточных напряжений в цилиндре методом колец и полосок / С.И. Иванов // Остаточные напряжения. – Куйбышев: КуАИ. – 1971. – Вып. 53. – С. 32-42.