

УДК 621.787:539.319

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОМ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО
МОДЕЛИРОВАНИЯ ОСТАТОЧНОГО НАПРЯЖЁННО-
ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ В РЕЗЬБЕ ПОСЛЕ ОПЕРЕЖАЮЩЕГО
ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ**

Злобин А. С., Афанасьев В. Д., Каранаева О. В.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика
С. П. Королёва (национальный исследовательский университет), г. Самара

Во многих отраслях промышленности успешно применяются различные методы поверхностного пластического деформирования (ППД). Процесс пластического деформирования поверхностного слоя может быть выполнен по схемам обработки дробью и микрошариками, по схемам качения, скольжения или внедрения и зависит от многих факторов, таких как механические характеристики материала, форма, усилие и скорость перемещения деформирующего элемента и ряда других. После такого процесса в поверхностном слое происходят структурные изменения, возникает наклёп и формируются сжимающие остаточные напряжения. Необходимо подчеркнуть, что обработка, основанная на пластическом деформировании тонкого поверхностного слоя, имеет по сравнению с механической обработкой со снятием стружки (точение, шлифование) ряд преимуществ: сохраняется целостность волокон металла и образуется мелкозернистая структура поверхностного слоя; плавно и стабильно повышается микротвёрдость поверхности; уменьшается её шероховатость в несколько раз за один рабочий ход; создаются благоприятные сжимающие остаточные напряжения в поверхностном слое. Указанные и другие преимущества методов ППД обеспечивают повышение сопротивления усталости, износостойкости, контактной выносливости и других эксплуатационных свойств обрабатываемых деталей.

Для повышения эксплуатационных характеристик резьбовых деталей авиационного крепежа, изготовленных из высокопрочных сплавов, большой практический интерес представляет технологическая операция опережающего поверхностного пластического деформирования (ОППД) с последующим изготовлением резьбы в пределах толщины упрочнённого слоя. Этот способ наиболее эффективен, когда упрочнение самого концентратора затруднено. Как показывают результаты испытаний на усталость, отмечается существенное увеличение сопротивления усталости после опережающего поверхностного пластического деформирования поверхностного слоя, что объясняется созданием благоприятных сжимающих остаточных напряжений в концентраторах за счёт перераспределения остаточных усилий гладкой упрочнённой заготовки [1, 2].

В настоящем исследовании было изучено влияние ОППД роликом на распределение остаточных напряжений в деталях с резьбой М16х2 из сталей 30ХГСА и 40Х. Гладкие заготовки диаметром 16 мм подвергались обкатыванию на трёхроликовом приспособлении с роликами диаметром 50 мм и профильным радиусом 13 мм при частоте вращения заготовки 400 об/мин и подаче 0,43 мм/об. Усилие обкатки цилиндрических заготовок составляло 10,75 кН. Затем на половине партии упрочнённых заготовок резцом нарезалась резьба М16х2.

Остаточные напряжения в поверхностном слое гладких упрочнённых заготовок определялись методом колец и полосок [3, 4]. Расчётная часть исследований выполнялась методом конечно-элементного моделирования с использованием комплекса PATRAN/NASTRAN [5, 6]. Первоначальные деформации были определены с использованием метода термоупругости расчётами на конечно-элементных моделях гладких заготовок путём последовательных итераций до совпадения расчётной и

экспериментальной эпюр остаточных напряжений в упрочнённом поверхностном слое. Затем полученные исходные данные по первоначальным деформациям были перенесены для расчёта на конечно-элементных моделях деталей с резьбой. По результатам этих расчётов были получены распределения остаточных напряжений по глубине впадин резьбы.

Выводы:

1. Установлено, что при одном и том же усилии обкатки сжимающие остаточные напряжения в гладких заготовках из стали 40Х ниже, чем из стали 30ХГСА, что объясняется мёньшим значением предела текучести и предела прочности.

2. Сжимающие остаточные напряжения, несмотря на большую толщину удалённого упрочнённого слоя, имеют значительную величину с максимумом на поверхности впадин резьбы.

3. Опережающим поверхностным пластическим деформированием можно создать в поверхностном слое впадин резьбы существенные сжимающие остаточные напряжения без наклёпа самих впадин, что имеет преимущество для резьбовых деталей, работающих при повышенных температурах, так как наклёп в опасном сечении детали в этом случае снижает сопротивление усталости [7].

Библиографический список

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

2. Павлов, В. Ф. Влияние характера распределения остаточных напряжений по толщине поверхностного слоя детали на сопротивление усталости [Текст]/ В. Ф. Павлов // Известия вузов. Машиностроение. – 1987. – №7. – С. 3-6.

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

4. Степнов, М. Н. Статистические методы обработки результатов механических испытаний [Текст]/ М. Н. Степнов. – М.: Машиностроение, 1985. – 232 с.

5. Сазанов, В. П. Моделирование перераспределения остаточных напряжений в упрочнённых цилиндрических образцах при опережающем поверхностном пластическом деформировании [Текст]/ В. П. Сазанов, А. В. Чирков, В. А. Самойлов, Ю. С. Ларионова // Вестник СГАУ. - 2011. – №3(27). Ч. 3. – С. 171-174.

6. Сазанов, В. П. Моделирование остаточного напряжённого состояния деталей в условиях концентрации напряжений с использованием программного комплекса NASTRAN/PATRAN [Текст]/ В. П. Сазанов, А. В. Чирков, О. Ю. Семёнова, А. В. Иванова // Вестник СамГТУ. Сер.: технич. Науки. – 2012. – №1(33). – С. 106-114.

7. Сулима, А.М. Поверхностный слой и эксплуатационные свойства деталей ГТД [Текст]/ А. М. Сулима. – М.: Машиностроение, 1980. – 240 с.