

УДК 621.787

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ УСТАЛОСТНОГО ОБРАЗЦА ПОСЛЕ ППД

Учайкин С.Е., аспирант гр. ГЭа-191, I курс
Винидиктов А.В., преподаватель
Научный руководитель: Блюменштейн В.Ю., д.т.н., проф.
Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева, г. Кемерово

В процессе поверхностного пластического деформирования (ППД), в зоне контакта между индентором и деталью образуется очаг деформации (ОД), который характеризуется определенным напряженно-деформированным состоянием (НДС). В результате этого в поверхностном слое (ПС) детали происходит накопление деформации, исчерпание запаса пластичности металла и формируются остаточные напряжения (ОН) [1-2].

В процессе моделирования задачи ППД усталостного образца методом конечных элементов (МКЭ) было выявлено, что напряжения в поверхностном слое распределяются неравномерно, особенно это заметно на резком переходе с галтели на цилиндрический участок большего диаметра. Также после галтели значение растягивающих напряжений осевого компонента σ_x составляют 1100-1200 МПа (рис. 1).



Рисунок 1 – Распределение напряжений осевого компонента σ_x после последнего шага моделирования

Для определения итоговых свойств в ПС необходимо создание модельных представлений о трансформации НДС по мере продвижения частиц через пространство ОД на стадиях нагружения.

Основная идея моделирования заключалась в том, что некоторое сечение моделируемого фрагмента расположено таким образом, что на 1-ом шаге нагружения оно еще не попадает в пространство ОД. В то же время на предпоследнем шаге нагружения это сечение уже покинуло пространство ОД.

Таким образом, в процессе реализации всех шагов моделирования указанное сечение проходит через пространство ОД и является тем сечением по глубине обработанного ПС, в котором произошло накопление деформаций,

частичное исчерпание запаса пластичности и формирование тензора ОН с учетом изменяющихся свойств ПС. Таких сечений выбиралось три: сечение AB на цилиндрическом участке малого диаметра, сечение CD на резком переходе с галтели на цилиндрический участок большего диаметра и сечение EF на цилиндрическом участке большего диаметра (рис. 2). Сравнение механического состояния по этим трем сечениям позволят отследить стационарность ОД в процессе обработки.

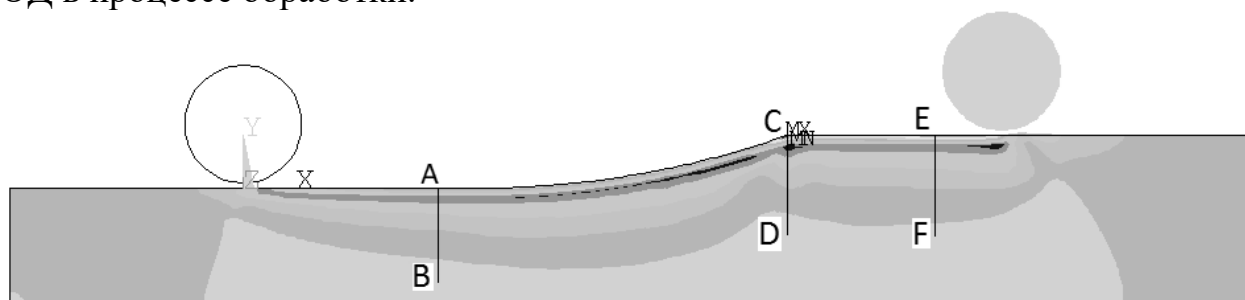


Рисунок 2 – Расположение выбранных сечений

После решения модели в выделенных сечениях для каждого шага моделирования фиксировались следующие значения: координаты узлов, составляющие вектора смещений узлов, компоненты тензора напряжений, компоненты тензора упругой, пластической и суммарной упругопластической деформации.

На рис. 3 представлены восстановленные очаги деформации по шагам нагружения по трем сечениям. Можно заметить, что глубина, на которую распространилась пластическая волна составляет примерно 0,047 мм на участках AB и EF и около 0,05 мм на участке CD при теоретически заданном действительном натяге $Hd = 0,05$ мм. Высота пластической волны сильно различается, и составила 0,9 мм на участке AB , около 0,24 мм на участке CD и 0,18 мм на участке EF . Есть основания полагать, что в данной задаче добиться стационарности ОД не удалось.

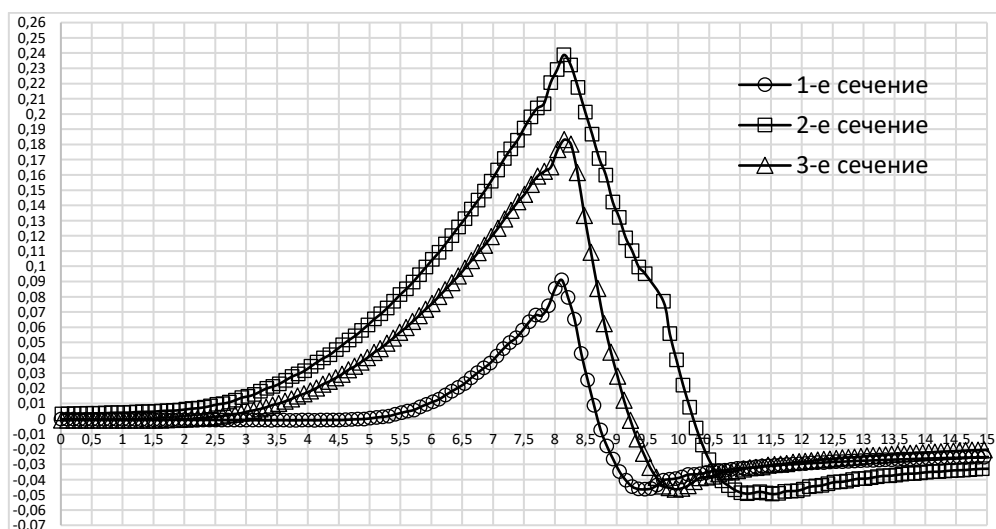


Рисунок 3 – Профили очага деформации, восстановленные по циклам нагружения

На рис. 4 представлены результаты распределения осевого компонента σ_x по глубине ПС по трем сечениям. Можно заметить, что значения сжимающих остаточных напряжений во всех трех сечениях находятся в диапазоне от -700 до -800 МПа, при этом экстремум располагается не на поверхности детали, а на некоторой глубине. На поверхности детали на участке *AB* наблюдаются растягивающие напряжения 400 МПа, а на участках *CD* и *EF* 1100-1200 МПа. Глубина распространения сжимающих ОН при этом составляет примерно 5 мм для участка *AB* и 6,5-7,5 мм для участков *CD* и *EF* соответственно, при общей глубине распространения существенных по величине напряжений около 8 мм.

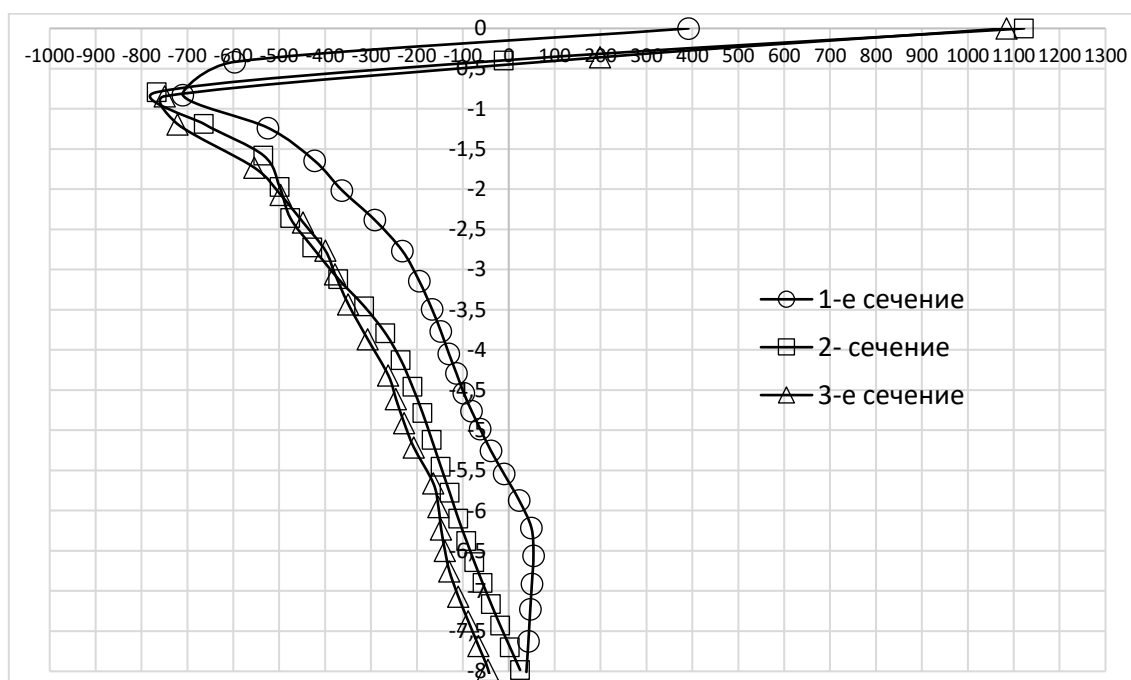


Рисунок 4 – Распределение осевого компонента σ_x

В целом такая картина изменений параметров механического состояния позволяет сделать вывод о том, что для получения наилучшего результата обработки требуется обеспечить оптимальное соотношение значений действительного натяга, схем обработки, а также подбором оптимальных режимов обработки.

Список литературы:

1. Блюменштейн, В.Ю. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин / В.Ю. Блюменштейн, В.М. Смелянский. – М.: Машиностроение-1, 2007. – 400 с.
2. Махалов, М.С. Моделирование остаточных напряжений на стадиях жизненного цикла изделий / М. С. Махалов, В.Ю. Блюменштейн // Вестник машиностроения. – М: Машиностроение, 2014. – №12. – С. 21-25.